

PROCEEDINGS CLME2017 V CEM

Editores:

J.F. Silva Gomes
Carlos C. António
Clito F. Afonso
António S. Matos

8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia
V Congresso de Engenharia de Moçambique
Maputo/Moçambique, 4-8 Setembro 2017

FEUP-INEGI
(2017)

FEUP-INEGI
(2017)

PROCEEDINGS CLME2017 / V CEM
8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia
V Congresso de Engenharia de Moçambique

J.F. Silva Gomes
Carlos C. António
Clito F. Afonso
António S. Matos

Sobre o Livro:

Sobre o tema geral "*Desafios e Oportunidades para a Engenharia na Cooperação para o Desenvolvimento*" a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) e a Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane (FEUEM), em associação com as Ordens dos Engenheiros de Portugal e de Moçambique e com o alto patrocínio do Secretariado da Comunidade dos Países de Língua Portuguesa (CPLP), realizaram a oitava edição do Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia (CLME2017) em conjunto com o 5º Congresso de Engenharia de Moçambique (VCEM), que decorreu na cidade de Maputo/Moçambique, de 4 a 8 de Setembro de 2017.

O congresso incluiu a apresentação de 252 artigos publicadas no presente Livro de textos completos e do Livro de Resumos complementar que constituem os Proceedings do Congresso. Os artigos seleccionados resultam da contribuição de um total de mais de quinhentos autores oriundos não só de Portugal e Moçambique, na sua maior parte, mas também do Brasil e de outros países Africanos, da CPLP e do Mundo.

O Congresso incluiu a organização de seis Painéis Temáticos, dinamizados por reputados especialistas convidados, sobre temas actuais de engenharia e de importância estratégica para Portugal, Moçambique e restantes países da CPLP: Ensino da Engenharia e Tecnologias de Informação, Obras Públicas e Infraestruturas de Transporte, Construção e Reabilitação Urbana, Infraestruturas Hídricas e Tecnologias do Mar, A Engenharia no Universo da CPLP, Geotecnia e Recursos Minerais.

As comunicações e os artigos estão agrupados em vinte Simpósios Temáticos/Sessões Especiais, cobrindo praticamente todas as áreas da engenharia moderna: Ensino de Engenharia, Materiais e Estruturas, Energia e Ambiente, Pontes e Barragens, Recursos Hídricos, Desenvolvimento de Produto, Agronomia e Engenharia Florestal, Automação e Electrónica, Obras Públicas e Reabilitação Urbana, Informática e Tecnologias de Informação, Infraestruturas de Transportes, Gestão e Engenharia Industrial, Engenharia Química, Engenharia Textil, Engenharia Biomédica, Recursos e Tecnologias do Mar, Geotecnia e Recursos Minerais, Inovação e Empreendedorismo.



ISBN: 978-989-98832-9-1

CLME2017-VCEM

Proceedings

**8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia
V Congresso de Engenharia de Moçambique**

(Maputo, 4-8 Setembro 2017)

Patrocínios

Este livro e a organização do 8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia / V Congresso de Engenharia de Moçambique, realizado em Maputo/Moçambique, de 4 a 8 de Setembro de 2017, beneficiaram do patrocínio das seguintes empresas e instituições, cujas contribuições muito agradecemos:

Abreu/PCO-Professional Congress Organizers
Associação Portuguesa de Mecânica Experimental
BETAR Consultores, Lda
China State Construction and Engineering Corporation
Comissão Portuguesa de Geotecnia nos Transportes
Comunidade dos Países de Língua Portuguesa
Consulado de Moçambique no Porto e Região Norte de Portugal
Edgar Cardoso, Lda - Laboratório de Estruturas
Electricidade de Moçambique
Empresa de Desenvolvimento Maputo-Sul, E.P.
EngBook/AgroBook
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane
Grupo Visabeira
Hidroeléctrica de Cahora Bassa
Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial
Ordem dos Engenheiros de Moçambique
Ordem dos Engenheiros de Portugal
Televisa Moçambique



CLME2017-VCEM

Proceedings

**8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia
V Congresso de Engenharia de Moçambique**

(Maputo, 4-8 Setembro 2017)

Editores

***J.F. Silva Gomes, Carlos C. António
Clito F. Afonso e António S. Matos***

(2017)

Publicado por
INEGI-Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial
Rua Dr Roberto Frias, 4200-465 Porto - Portugal
Telefone: +351 22 9578710; Email: inegi@inegi.up.pt
<http://www.inegi.up.pt/>

Setembro, 2017

ISBN: 978-989-98832-9-1

Execução Gráfica: LusolImpress S.A.
Rua Venceslau Ramos, 28 - 4430-929 Avintes, Portugal
Tel:+351 22 787 73 20; Fax:+351 22 787 73 29
www.lusoimpress.com

*Reservados todos os direitos de harmonia com a lei.
Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida, guardada pelo sistema "retrieval" ou transmitida por qualquer meio, seja electrónico, mecânico, gravação ou outros, sem autorização prévia por escrito dos editores.*

ÍNDICE GERAL

Prefácio	xix
Comissão de Honra	xx
Comissão Científica	xx
Organização	xxi
Paineis Temáticos	xxii
Simpósios Temáticos	xxiii
PAINEL-I: ENSINO DA ENGENHARIA E TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO	1
6301 A EVOLUÇÃO DO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE ENGENHARIA NUM CONTEXTO RICO EM TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO. João Falcão e Cunha	3
6440 INFORMAÇÃO CLÁSSICA VERSUS INFORMAÇÃO QUÂNTICA - O ENSINO DE FÍSICA NUM CURSO DE ENGENHARIA INFORMÁTICA. Helena V. Alberto.	5
6472 A PERSPECTIVE IN ENGINEERING EDUCATION USING PROJECT-BASED LEARNING. José Figueiredo.	7
6487 REENGENHARIA DE PROCESSOS - CASO DE ESTUDO ISUTC. Elton Sixpence, André Vasconcelos, José Tribolet.	9
6563 PERSONALIZAÇÃO EM MASSA DE SOFTWARE: INTEGRAÇÃO DE COMPONENTES DE SOFTWARE GENÉRICO COM VISTA À CONSTRUÇÃO DE SOLUÇÕES ESPECÍFICAS. Adelaide Carvalho.	11
6604 iCBD: UMA INFRAESTRUTURA BASEADA NOS CLIENTES PARA EXECUÇÃO DE DESKTOPS VIRTUAIS. Paulo Afonso Lopes, Nuno Preguiça, Pedro Medeiros, Miguel Menezes Martins.	13
6608 REFLEXÃO SOBRE A EXPERIENCIA NA IMPLEMENTAÇÃO DO ENSINO BASEADO EM PROJECTOS NO CURSO DE ENGENHARIA INFORMÁTICA. Tatiana Kovalenko, Vali Issufo, Ruben Manhiça, Roxan Cadir.	19
6644 CONTRIBUIÇÃO DA USABILIDADE WEB E DOS DISPOSITIVOS MÓVEIS PARA A INCLUSÃO DIGITAL NOS PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO - UM OLHAR PARA O CASO DE MOÇAMBIQUE. Domingos L. Rhongo, Ana Almeida, Nuno David.	23
6661 PROTÓTIPO DE UM CANAL PARA ENSINO E PESQUISA EM FLUIDODINÂMICA UTILIZANDO SOLUÇÃO DE FLUORESCÉINA E ÁGUA COMO FLUIDO DE TRABALHO. Maria da Glória Braz, David M.D. Costa, Daniel L. Bernardes, Guilherme M. Faria, Juliana S.G. Moura, Marco T.C. Caldeira.	25
6777 LAT-LABORATÓRIO DE ALTA TENSÃO DA FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO. António M. Moura, Fábio Branco, Tomás Sapage.	31
6862 ENERPHI, UMA PLATAFORMA WEB DE APOIO AO ENSINO DE MÉTODOS PARTICIPATIVOS. Carlos B. Costa, Ana Vieira, Mónica D. Oliveira.	33
6946 HISTÓRIA DA CIÊNCIA-TECNOLOGIA NUCLEAR: UMA DISCIPLINA DE PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA. Amir Z. Mesquita, Rubens M. Moreira.	35
6953 CONTRIBUTOS PARA O ENSINO SUPERIOR EM MOÇAMBIQUE: OS DESAFIOS DA ERA DIGITAL. Gabriel I. Salimo, Luis B. Gouveia.	37
6973 MOBILIDADE EM NÚMEROS NO MESTRADO INTEGRADO DE ENGENHARIA MECÂNICA DA UNIVERSIDADE DO PORTO. Catarina F. Castro.	53
PAINEL-II: OBRAS PÚBLICAS E INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTE	55
6303 ENSINO E INVESTIGAÇÃO RELACIONADOS COM OBRAS DE INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTES. Luis de Picado Santos.	57

6304	PONTE MAPUTO-KATEMBE: CONSTRUÇÃO, DESAFIOS E PERSPECTIVAS. Silva J. Magaia.	59
6469	CONTRIBUIÇÃO PARA A CRIAÇÃO DE UM MANUAL PARA DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS PARA MOÇAMBIQUE. Gonçalves Ziani, Jorge Pais, Paulo Pereira.	61
6592	ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS REFORÇADAS COM GEOSSINTÉTICOS. Arminda Almeida, Maria Isabel M. Pinto, Ema Pedrosa.	63
6613	EXPANSÃO URBANA DE CIDADES ESTUARINAS - EFEITOS DA PRIMEIRA TRAVESSIA NA A.M. LISBOA E OS DESAFIOS DA PRIMEIRA TRAVESSIA NA A.M. MAPUTO. Albertina Give, Jorge B. Silva, Alexandre Gonçalves.	65
6655	UTILIZAÇÃO DOS GEOSSINTÉTICOS NA CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS E OUTRAS VIAS DE COMUNICAÇÃO. Maria Isabel M. Pinto, Arminda Almeida.	83
6668	ANÁLISE DE RISCO COM RECURSO À METODOLOGIA FMEA DE UMA PPP RODOVIÁRIA EM MOÇAMBIQUE- PROPOSTA PARA A GRADUAÇÃO DA SEVERIDADE E OCORRÊNCIA. J. Pinto Faria.	85
6684	POTENCIAL DE APLICAÇÃO DE ZONAS 30 E DE COEXISTÊNCIA A MOÇAMBIQUE. Ana Bastos Silva, Alvaro Seco.	87
6693	PROJEÇÃO A MÉDIO/LONGO PRAZO DA MOBILIDADE EM ÁREAS METROPOLITANAS EM PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO - O CASO DO MAPUTO. Alvaro Seco, António S. Matos, Ana Bastos Silva.	89
6700	REABILITAÇÃO DE PONTES DE BETÃO ARMADO EM MOÇAMBIQUE. Tiago Mendonça.	91
6708	POLÍTICAS SUSTENTÁVEIS DE TRANSPORTES EM ÁREAS METROPOLITANAS EM PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO - O CASO DO MAPUTO. Alvaro Seco, Ana Bastos Silva, António S. Matos.	93
6720	NOVA PONTE DE BOANE AO KM 37+700 DA LINHA DE GOBA EM MOÇAMBIQUE. Tiago Mendonça.	95
6751	A SEGURANÇA E SAÚDE NA CONSTRUÇÃO: BREVE ANÁLISE DA SITUAÇÃO EM MOÇAMBIQUE. Carlos Igreja, António S. Matos, Miguel T. Diogo, Joaquim Gois.	97
6763	AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE RESISTENTE DE PONTES DA LINHA DE SENA, EM MOÇAMBIQUE. Paulo Silveira, Tiago Coelho, António Hipólito, Anísio Bainha.	109
6764	SUBSTITUIÇÃO DO ARMAMENTO DE VIA DA PONTE DONA ANA - UMA SOLUÇÃO TÉCNICAMENTE INOVADORA. Paulo Silveira, Pedro Oliveira, Francisco Asseiceiro, Anísio Bainha.	147
6809	VIBRAÇÕES LIVRES NÃO AMORTECIDAS EM PONTES. Patricia A. Lipener, Reyolando M. Brasil.	185
6810	ANÁLISE DINÂMICA ESTOCÁSTICA DO CARREGAMENTO DE VEÍCULOS EM PONTES E VIADUTOS. André L. Moraes, Reyolando M. Brasil.	187
6814	A MALDIÇÃO DO VENCEDOR EM CONCURSOS DE CONSTRUÇÃO. Daniel Baloi.	189
6892	SMARTSHOCK - SUSPENSÕES INTELIGENTES PARA OPTIMIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO RODOVIÁRIA. José M. Fonseca, Miguel F. Prego.	191
7020	DESENVOLVIMENTO DO TERMINAL DE CONTENTORES DO PORTO DA BEIRA: NOVO ACESSO PARA CAMIÕES E EXPANSÃO DA ÁREA DE ARMAZENAGEM. Catarina Garrido, Tenório Mbatsana.	193
PAINEL-III: CONSTRUÇÃO E REABILITAÇÃO URBANA		211
6670	AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA ESTRUTURAL E REFORÇO DE UM EDIFÍCIO DE 11 PISOS EM ESTRUTURA DE LAJES FUNGIFORMES MACIÇAS. Fulgêncio Nhumai, Henrique Filimone, Américo Dimande.	213

6694	AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA ESTRUTURAL DE UM EDIFÍCIO MISTO EM CONSTRUÇÃO. Fulgêncio Nhumaio, Henrique Filimone, Américo Dimande.	215
6698	KATEMBE - UMA NOVA CENTRALIDADE DA CIDADE DE MAPUTO. Tiago Mendonça, Mafalda Monteiro.	217
6799	COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIO NA BEIRA - SOLUÇÕES TRADICIONAIS E ESTRATÉGIAS DE MELHORIA. Michael Mendes, Ana F. Ramos.	219
6800	AS ESTRATÉGIAS SOLARES PASSIVAS NA BEIRA: RECONHECER A SUA IMPORTÂNCIA NO DESEMPENHO TÉRMICO DO EDIFÍCIO. Ana F. Ramos, Michael Mendes.	221
6890	SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO DE CAVES E FUNDAÇÕES ESPECIAIS EM EDIFÍCIOS DE GRANDE PORTE EM MAPUTO - MOÇAMBIQUE. Rui Tomásio, Ricardo N. Kaidussis, Alexandre Pinto.	223
6896	ACESSIBILIDADE E MOBILIDADE: O ESTUDO DE CASO DA AVENIDA HERÓIS DE ANGOLA EM LEIRIA. Bruno Silva, Luisa Gonçalves, João P. Silva.	225
7024	GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS URBANOS NA CIDADE DE PEMBA - PROJECTO DE CENTRO INTEGRADO DE GESTÃO DE RESÍDUOS. Ana Gonçalves.	227
PAINEL-IV: INFRAESTRUTURAS HÍDRICAS E TECNOLOGIAS DO MAR		229
6456	CONCEÇÃO E PROJETO DE UM EQUIPAMENTO PARA O CORTE DE CONGELADOS. Eurico Seabra, Hélder Puga, José Oliveira.	231
6513	ANÁLISE DO DESEMPENHO HIDRÁULICO E SANITÁRIO DE LEITOS DE SECAGEM DE LAMAS. O CASO DA CIDADE DE TETE. Osvaldo J. Moiambo, Filipa M.S. Ferreira, José S. Matos.	233
6542	SIMULAÇÃO DA PROPAGAÇÃO DE ONDAS SOLITARIAS SOBRE MEIOS POROSOS PELO MÉTODO DE ELEMENTOS DE CONTORNO. Nordino M. Muaievela, José P.S. Azevedo, Flávio C.B. Mascarenhas.	235
6559	DISTRIBUIÇÃO DE CIANOBACTÉRIAS EM DEZ LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS. Baptista Bina, Nemésio N.B. Salvador.	237
6667	APLICAÇÃO DE FILOSOFIA COMPENSATÓRIA ATRAVÉS DA SUBSTITUIÇÃO DA BOCA DE LOBO POR POÇO ABSORVENTE E CANAL SUBSUPERFICIAL EM DRENAGEM URBANA: PESQUISA EXPERIMENTAL. José E. Silva Filho, Maria da Glória Braz, Diego J.Q. Rosa.	249
6710	ENERGIAS “OFFSHORE” E GEORECURSOS MARINHOS: PERSPETIVAS DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO. Augusto Barata Rocha, Joaquim Gois.	255
6778	MODELAÇÃO DA ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL DE PRAIAS NA COSTA DO SOL. Lara V. Carimo, Jaime Palalane.	257
6813	GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS EM BACIAS TRANSFRONTEIRIÇAS. Rodrigo Maia.	259
6888	A VARIABILIDADE E AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NOS PROJETOS DE AMPLIAÇÃO E CONSTRUÇÃO DE NOVOS PORTOS. Fernando V. Gomes.	261
6903	OS ENSINAMENTOS ADQUIRIDOS COM A ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL DE AREIAS EM PRAIAS PORTUGUESAS COM ELEVADOS NÍVEIS ENERGÉTICOS. Fernando V. Gomes.	263
6913	ESTUDO DO TRATAMENTO BIOLÓGICO POR LAMAS ATIVADAS DE ÁGUAS RESIDUAIS COM SALINIDADE ELEVADA. Ana M.T. Mata.	265
6922	COIMBRA - CARACTERÍSTICAS E TENDÊNCIAS DE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO DE 1900 a 2006. Helena M.M. Simão, J. Alfeu Marques, Nuno E.C. Simões, Andreia Bidarra.	267
6938	MODELAÇÃO NUMÉRICA DO ESCOAMENTO EM TORNO DE PILARES. Gizela R. Zucula, Jaime Palalane.	269
6971	MONITORIZAÇÃO ESTRUTURAL DA BARRAGEM DE CAHORA BASSA DURANTE A SECA DO BIÊNIO 2015/16-2016/17. Ezequiel F. Carvalho.	271

PAINEL-V: A ENGENHARIA NO UNIVERSO DA CPLP	273
6302 A ATIVIDADE DE ENGENHARIA ACREDITADA NO UNIVERSO DA CPLP. João Falcão e Cunha.	275
6500 POLÍTICAS ENERGÉTICAS COM ENFOQUE NO INCENTIVO ÀS FONTES DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NO NAMIBE - ANGOLA. Isata T. Lemba, Marta A.C.F. Dias, Margariada M. Robaina.	277
6550 PLANEAMENTO DE APROVEITAMENTO DE ENERGIA EÓLICA EM TIMOR-LESTE. Victor C. Soares, Ana I. Estanqueiro, Vasco F. Cruz, Fátima Batista.	287
6943 OPÇÕES TECNOLÓGICAS DE GERAÇÃO DE ELECTRICIDADE EM MOÇAMBIQUE NO CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS. Alberto J. Tsamba, Assima Mamade, Carlino T. Chay.	289
6981 UMA AGÊNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO E COOPERAÇÃO EM PORTUGAL. Alfredo Soares Ferreira, Carlos Antunes, Carlos Ramos, Diomar Santos, Eduarda P. Ferreira, Fernando Martinho, José C. Quadrado, Paulo J. Teixeira.	291
PAINEL-VI: GEOTECNIA E RECURSOS MINERAIS	293
6481 LICENÇA SOCIAL PARA OPERAR E RESPONSABILIDADE SOCIAL EMPRESARIAL: DESAFIOS PARA A INDÚSTRIA MINEIRA EM MOÇAMBIQUE. Romualdo R.J. Brito, Nellia Mutemeri, Pinho F.P. Pires, David Selemene José.	295
6492 MELHORAMENTO DE CORES DE ALGUMAS PG DE MOÇAMBIQUE POR MEIO DO SEU TRATAMENTO FÍSICO-QUÍMICO. Akil Askarhodjaev, Tatiana Kuleshova, Hélder Zacarias Marrenjo.	313
6740 RECURSOS MINERAIS NOS PILARES DA ENGENHARIA: O PAPEL NACIONAL, INTERNACIONAL E EUROPEU DO LNEG. Daniel P.S. Oliveira, Teresa Ponce de Leão, Mário R.M. Leite.	315
6785 ESTUDO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DE SOLOS DE FUNDAÇÃO DE TORRES DE LINHA DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA. Eugénio Azevedo.	317
6830 ESTUDO DA INTERAÇÃO SOLO-FITAS POLIMÉRICAS PARA USO EM TERRA ARMADA EM SOLOS PROBLEMÁTICOS EM ÁREAS AGRÍCOLAS E DE MINERAÇÃO ARTESANAL (GARIMPO). Albano S. Maparagem.	319
6910 CARATERIZAÇÃO EXPERIMENTAL DE REJEITADOS MINEIROS ESPESADOS. Nuno Raposo, António T. Gomes, Ricardo Bahia.	341
6961 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE ESTACAS COM BASE EM ENSAIOS DE CARGA VERTICAIS E HORIZONTAIS ESTÁTICOS À ESCALA REAL. António Cristovão, Francisco R.N. Kaidussis, Samuel J. Antique, Cláudio J. Pinto, Rui Tomásio.	349
7033 ANÁLISE EM FUNDAÇÃO POR ESTACA HELICOIDAL EM SOLO REFORÇADO COM GEOSSINTÉTICOS. Charles P. Chaves, José P.L. Fonseca, Fagner A.N. França.	351
SIMPÓSIO-1: INOVAÇÃO NO ENSINO DE ENGENHARIA	353
6482 DESAFIOS DO ENSINO POLITÉCNICO EM MOÇAMBIQUE: REFLEXÕES SOBRE OS DEZ ANOS DO ISPT. Romualdo R.J. Brito, Mendes C. Cândido, David Selemene José.	355
6652 PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE REDES E COMUNICAÇÕES: UMA EXPERIÊNCIA DE COOPERAÇÃO. Fernando M. Silva, Elton Sixpence.	363
6728 ENGINEERING EDUCATION EFFORTS TO SUPPORT INDUSTRY 4.0. Paulo Leitão.	365
6824 O USO DE SISTEMA ESTRUTURAL COM PAVIMENTOS COM CORDOALHAS ENGRAXADAS EM PRÉDIOS DE MÚLTIPLOS ANDARES NO BRASIL. Harlen Nunes, Roberto C. Carvalho.	367
6916 SIMULAÇÃO DO CAMPO GRAVÍTICO - UM PROGRAMA PARA O ENSINO DE GEOFÍSICA APLICADA. Pedro Nogueira, Orlando Silva.	369

7026	OBTENÇÃO DE VINAGRE DO PEDÚNCULO DE CAJÚ POR FERMENTAÇÃO ESPONTÂNEA. Filipe R. Matavel, Maria Eduardo.	371
SIMPÓSIO-2: REGENERAÇÃO URBANA E HABITAÇÃO EM ÁREAS INFORMAIS		373
6439	URBAN REGENERATION: A CELL AS DISSEMINATION UNIT. Miguel P. Amado, Inês Ramalheite, João C. Freitas, António R. Amado.	375
6447	THE ROLE OF PUBLIC SPACE IN THE REGENERATION OF INFORMAL SETTLEMENTS. João C. Freitas, Miguel P. Amado, Inês Ramalheite, António R. Amado.	377
6471	INCREMENTAL, LOW COST WATER AND SANITATION SOLUTIONS FOR THE OÉ-CUSSE REGION, TIMOR LESTE. Ana Amorim Silva, Miguel P. Amado.	379
6578	REGENERAÇÃO URBANA EM CENTROS HISTÓRICOS: PRESERVAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE VIDA DOS MAIS DESFAVORECIDOS. Emília Malcata Rebelo.	381
6907	FAVELA - UMA ABORDAGEM SOBRE O PROCESSO DE GENTRIFICAÇÃO. Laurentina M. Valentim.	383
6976	POLUENTES DO AR INTERIOR - ASSOCIAÇÕES ENTRE AMBIENTES RESIDENCIAIS E ESCOLARES. Guilherme M. Ferreira, Rosa Oliveira, Hugo Santos, Catarina F. Castro.	385
SIMPÓSIO-3: INSPECÇÃO, DIAGNÓSTICO, MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO DO EDIFICADO		389
6496	DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO DE DESLOCAMENTOS EM ESTRUTURAS. Rafael Mabunda, Américo Dimande.	391
6588	DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA INTELIGENTE PARA AVALIAÇÃO DO ESTADO DE DEGRADAÇÃO DE ESTRUTURAS EM BETÃO. José Neves, Guida Gomes, Joaquim Macedo, Henrique Vicente.	405
6634	ANÁLISE COMPARATIVA DOS MODOS DE ROTURA DE MODELOS DE LAJES DE BETÃO ARMADO REFORÇADAS COM COMPÓSITOS UHPRFC, USANDO MÉTODOS ANALÍTICOS, NUMÉRICOS E EXPERIMENTAIS. Aurélio Sine, Mário Pimentel, Sandra Nunes, Anin Abrishambaf.	407
6704	AVALIAÇÃO DAS CAUSAS DO DESABAMENTO DA COBERTURA DE UM GINÁSIO ESCOLAR. Filda Langa, Fulgêncio Nhumaió, Aurélio Sine, Henrique Filimone, Américo Dimande.	409
6827	ESTUDO ACÚSTICO DA IGREJA MONÁSTICA CISTERCIENSE EM PORTUGAL. Fabiel G. Rodrigues, João C.G. Lanzinha, Ana Maria T. Martins.	421
6828	METODOLOGIA E TÉCNICAS DE MEDIÇÃO ACÚSTICA EM IGREJAS. Fabiel G. Rodrigues, João C.G. Lanzinha, Ana Maria T. Martins.	423
6908	O IMPACTO DO PROJETO NA EXECUÇÃO DE OBRAS DE REABILITAÇÃO PREDIAL. Luis H.C. Oscar, Mariane R. Silva.	425
6917	REABILITAÇÃO E REFORÇO DOS CAIS TRÊS E QUATRO DO PORTO DE MAPUTO. Pedro Cabral, Ana Luisa Coelho, Alexandra Neves, Edgar Nascimento, Yasser Assane.	441
6951	CARATERIZAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO BETÃO NORMAL. Cristina C. Santos, João P.C. Rodrigues.	443
7040	A PRELIMINARY ANALYSIS OF THE NATIONAL ENERGY CERTIFICATION DATABASE OF THE PORTUGUESE HOUSING. Rosa Oliveira, Carlos C. António, Hugo Santos, Eduardo O. Fernandes.	445
SIMPÓSIO-4: CONSTRUÇÕES TRADICIONAIS - TÉCNICAS DO PASSADO PARA UM FUTURO SUSTENTÁVEL		447
6725	REABILITAÇÃO PREDIAL NO CONTEXTO DAS OBRAS DO MUSEU DE ARTE DO RIO (MAR). Maiame R. Silva, Eduardo L. Qualharini, Patricia O. Costa.	449

6831	LIÇÕES APRENDIDAS DO PROCESSO DE ENGENHARIA A MONTANTE APLICADA EM EMPRESA BRASILEIRA INCORPORADORA-CONSTRUTORA DE GRANDE PORTE. Enrico L.C Capacci, Flavio L. Maranhão.	463
6900	DEFINIÇÃO DO PROCESSO DE ENGENHARIA A MONTANTE EM EMPRESA BRASILEIRA INCORPORADORA-CONSTRUTORA DE GRANDE PORTE. Enrico L.C Capecci, Flávio L. Maranhão.	465
6939	PLACAS CERÂMICAS - CICLO DE VIDA. Francisco J. Araújo.	467
6982	MATERIAIS E TÉCNICAS TRADICIONAIS NA REABILITAÇÃO ATUAL. Ana Velosa.	481
	SIMPÓSIO-6: RECURSOS GEOLÓGICOS: CARACTERIZAÇÃO, AVALIAÇÃO E APLICAÇÃO	483
6467	DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS DE ESCAVAÇÃO E DE TRANSPORTE EM MINERAÇÃO. Ismael Momade Racia, Rodrigo Lemos Peroni.	485
6480	APLICAÇÃO DO PROJETO DE EXPERIMENTAÇÃO PARA OPTIMIZAÇÃO DO ENXOFRE NAS CAMADAS INFERIORES DE CARVÃO DE CANDIOTA, RS-BRASIL. David Selemane José, Carlos Hoffmann Sampaio, Romualdo R.J. Brito.	501
6494	ESTUDO DE LIBERAÇÃO DE CARVÃO DE CANDIOTA-RS, VISANDO SEU BENEFICIAMENTO. David Selemane José, Carlos Hoffmann Sampaio.	511
6535	A IMPORTÂNCIA ESTRATÉGICA DOS DEPÓSITOS LITINÍFEROS DE GONÇALO (GUARDA, PORTUGAL) NO ACTUAL PANORAMA EUROPEU DE PROSPECÇÃO, AVALIAÇÃO, EXTRACÇÃO DE LÍTIO PARA APLICAÇÃO EM TECNOLOGIAS VERDES. Romeu Vieira, Ana Maria Antão, Alexandra Carolino.	519
6648	CARACTERIZAÇÃO DA INSTABILIZAÇÃO DE UM TALUDE DE ESCAVAÇÃO NA CIDADE DA GUARDA (PORTUGAL). Ana Maria Antão.	529
6673	ZONOGRAFIA GEOFÍSICA DO SEDIMENTO DE FUNDO (LAMA) DOS TANQUES DE SALINAS DE AVEIRO TENDO EM VISTA A AVALIAÇÃO DO RECURSO PARA APLICAÇÕES EM LAMATERAPIA E PELOTERAPIA. Jorge H. Gomes, Fernando E. Almeida, Celso F. Gomes, João B. Silva.	531
6674	LEVANTAMENTO, MODELAÇÃO E DIAGNÓSTICO DE RUTURAS NOS TÚNEIS LÁVICOS DAS GRUTAS DE S. VICENTE, NA ILHA DA MADEIRA. Jorge H. Gomes, João B. Silva, Fernando E. Almeida, Celso F. Gomes.	533
6695	CARACTERIZAÇÃO DE GESSOS PORTUGUESES COMO MATÉRIA-PRIMA PARA DERMOCOSMÉTICOS. F. Rocha, A. Fortes, C.S. Costa, D. Santos, M.H. Amaral, D. Terroso.	535
6707	CARACTERIZAÇÃO DAS ARGILAS DE CAFUMPE (MOÇAMBIQUE) COMO MATÉRIA-PRIMA PARA CERÂMICA. Cristiano S. Costa, O. Rupias, F. Tavares Rocha, D. Terroso.	537
6766	CARACTERIZAÇÃO TÉRMICA DE TESTEMUNHOS OBTIDOS EM DOIS Furos REALIZADOS NA ANTÁRCTIDA MARÍTIMA. António Correia.	539
6802	CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO MÁRMORE PORTUGUÊS, COM VISTA À OPTIMIZAÇÃO DA SUA APLICAÇÃO EM OBRA. Ruben V. Martins, Luis Lopes, Luis Sousa, Siegfried Siegesmund, Johanna Menningen, Amanda Ricardo.	541
6818	INTRODUÇÃO AOS TIPOS PETROGENÉTICOS DE ROCHAS KIMBERLÍTICAS DA MINA DE CATOCA, PROVINCIA DA LUNDA SUL-ANGOLA. Madalena C. Santos, Arturo L.R. Purón.	543
6845	LEVANTAMENTO GEOFÍSICO ELETROMAGNÉTICO INDUTIVO PARA AVALIAÇÃO AMBIENTAL DO CEMITÉRIO NOSSA SENHORA APARECIDA, PIEDADE, SÃO PAULO, BRASIL. Francisco C. Silva, Francisco A. Cavallaro, Wagner F. Aquino, João M.M.C. Corrêa, Paulo S. Tonello.	545
6854	O CLUSTER DOS RECURSOS MINERAIS DE PORTUGAL - ESTRATÉGIA COLECTIVA DE RECONHECIMENTO SECTORIAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Luis Lopes, Marta Peres, Miguel Goulão.	547

6875	ENSAIOS IN-SITU E DE LABORATÓRIO PARA A CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DE ADOBES NA PROVÍNCIA DA HUÍLA, ANGOLA. Piedade M. Wachilala, Isabel M.R. Duarte, António B. Pinho.	549
6902	CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA E GEOQUÍMICA DOS GRANITOIDES DO PERFIL GABELA-CONDA, CUANZA-SUL, ANGOLA. Silva P. Ginja, Winnie Q. Mateus.	551
6925	MODELOS METALOGÉNICOS 3D. UMA FERRAMENTA PARA VALORIZAR OS RECURSOS MINERAIS DA ZONA DE OSSA MORENA, PORTUGAL. Pedro Nogueira.	553
6989	CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DOS SOLOS DA REGIÃO DE BOM JESUS, LUANDA, ANGOLA. Nara R. Lopes, Celma C. Pinto, António B. Pinho, Isabel M.R. Duarte, Pedro C. Nsungani.	555
7016	DISTRIBUIÇÃO DOS CAMPOS PEGMATÍTICOS EM MOÇAMBIQUE - SUA LOCALIZAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E MINERALIZAÇÕES. João M. Marques.	557
7046	CERTIFICAÇÃO DE PRODUTOS EM PEDRA NATURAL - A MARCA STONEPT. Célia Marques, Miguel Goulão, Luis Lopes.	559
7048	CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DA FAIXA DE CALCÁRIO DE CACUACO-LUANDA. António Mauricio Cruz, Emanuel S.S. Oliveira, Francisco M. Pascoal, Edilson R. Guilherme, Cipriano P. Tchitanda, magnésia A.F. Maria.	561
SIMPÓSIO-8: GEOTECNIA NO PATRIMÓNIO E NO AMBIENTE		563
6449	A IMPORTÂNCIA DO LICENCIAMENTO DE UMA ÁGUA MINERAL TERMAL PARA O DESENVOLVIMENTO ECONÓMICO-SOCIAL DE UMA REGIÃO - O CASO DAS TERMAS DE LONGROIVA, PORTUGAL. L.M. Ferreira Gomes, P.J. Coelho Ferreira, A. Sousa Oliveira, P.E. Maia de Carvalho.	565
6503	COMPORTAMENTO DA ESTRUTURA DE CONTENÇÃO DO EDIFÍCIO PLATINUM EM MAPUTO. Izel Jacinto Issufo, Alexandre da Luz Pinto, António M.G. Pedro, Rui Tomásio.	567
6623	ANÁLISE DO RISCO GEOTÉCNICO NO LITORAL ROCHOSO CARBONATADO DO BARLAVENTO ALGARVIO. José Viegas, Luis A. Pais.	569
6681	ON THE CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL SANITARY SAFETY OF EDIBLE CLAYS. Celso F. Gomes, Jorge H. Gomes, João B. Silva.	571
6738	PROSPEÇÃO GEOFÍSICA NAS RUÍNAS ROMANAS DE TRÓIA, PORTUGAL. António Correia.	573
6918	SOLUÇÃO DE CONTENÇÃO DE CAVES DE UM EDIFÍCIO DE GRANDE PORTE EM LISBOA - PORTUGAL. Rui Tomásio, Alexandre Pinto, Catarina Fartaria, Xavier Pita.	575
6985	ENSAIOS CROSS-HOLE NAS CAMADAS DE PRAZERES - LISBOA. Mafalda L. Laranjo, Jorge Carvalho, Manuel M. Fernandes.	577
7042	EFEITO DE ESCALA NO ENSAIO DE COMPRESSÃO UNIAXIAL (UCS). Filipe Santos Nunes, Victor Pissarra Cavaleiro, Luis Andrade Pais.	595
SIMPÓSIO-9: GEOTECNIA NOS TRANSPORTES		597
7012	CARACTERIZAÇÃO DE ESCÓRIAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (R.S.U.). J. Reis de Barros.	599
7027	RETROANÁLISE DAS BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS PARA OBTENÇÃO DOS MÓDULOS DE RESILIÊNCIA DAS CAMADAS DE PAVIMENTAÇÃO DA RODOVIA BR-163/PA BRASIL. Talita C. Costa, Diego A. Pereira, Kaio C.A. Deon.	601
7028	RETROANÁLISE BASEADA EM ANÁLISES MECANÍSTICAS DE LEVANTAMENTOS DEFLECTOMÉTRICOS DA BR-163/PA BRASIL. Talita C. Costa, Diego A. Pereira, Kaio C.A. Deon.	615
7037	USO DE SOLOS FINOS NA CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS TERRAPLANADAS DE BAIXO VOLUME DE TRAFEGO-CASO DE ESTUDO: SOLOS DE MAGOANINE. Carlos R. Cumbane, Candido F. Vilanculos.	631

7038	IMPLICAÇÕES RESULTANTES DA MÁ EXECUÇÃO DOS ENSAIOS LABORATORIAIS E DE CAMPO. Carlos R. Cumbane.	633
8001	GROUND IMPROVEMENT SOLUTIONS FOR HARBOURS. António Cristóvão, Alexandre Pinto and Rui Tomásio.	641
8002	LOMÉ CONTAINER TERMINAL - QUAY WALL DESIGN. Rui Tomásio, Alexandre Pinto, António Cristóvão.	643
8003	APROFUNDAMENTO DO POSTO DE ACOSTAGEM 9 DO PORTO DE MAPUTO. José Cerejeira, José Pernão, João Martins.	645
8004	APROFUNDAMENTO DO CAIS E AMPLIAÇÃO DO TERMINAL DE CONTENTORES DE ALCÂNTARA. José Cerejeira, José Pernão.	647
8005	FASE 2 DA EXPANSÃO DO TERMINAL XXI - SINES. José Cerejeira, José Pernão, João Martins.	649
8006	NOVA PONTE MÓVEL DE LEIXÕES. José Pernão, José Cerejeira, Nunes de Almeida.	651
8007	MUROS CAIS DAS DOCAS INTERIORES DO PORTO DE LEIXÕES. José Pernão, José Cerejeira.	653
8008	REOPERACIONALIZAÇÃO DA BACIA SUL DA MARINA PARQUE DAS NAÇÕES, LISBOA. José Pernão, Rui Tomásio, Vilar Filipe.	655
8009	CONCEPÇÃO E PROJECTO DE DOCAS SECAS PARA NAVIOS DE GRANDE DIMENSÃO. José Cerejeira, José Pernão.	657
8010	NOVO PORTO E TERMINAL DE CONTENTORES DE TEMA - GANA. José Cerejeira, José Pernão, João Martins.	659
SIMPÓSIO-10: ENGENHARIA E OPERAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTE		661
6451	GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NOS PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS. Adelino Ferreira, Francisco Duarte.	663
6501	METODOLOGIA SIMPLIFICADA PARA O ESTABELECIMENTO DA QUALIDADE DE PAVIMENTOS. Sarah Fortes, Luis Picado Santos, Silvino Capitão.	665
6566	ANÁLISE DE RESULTADOS DE CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIVEIS. João Santos Correia, Luis Picado Santos.	667
6586	MISTURAS BETUMINOSAS COM PARTÍCULAS ULTRAFINAS DE BORRACHA ADICIONADAS POR VIA SECA. Luis Silva, Agostinho Benta, Luis Picado Santos.	669
6630	PROPOSTA DE REDE DE TRANSPORTE PARA SUPORTE DOS SERVIÇOS DA REDE IP POR TETRA E SINALIZAÇÃO NO CORREDOR FERROVIÁRIO DE NACALA. Awado S. Sabiti, Fernando M. Silva.	683
6645	DIMENSIONAMENTO E AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DE PAVIMENTOS AEROPORTUÁRIOS: APLICAÇÃO DO FAARFIELD ÀS PISTAS DE LISBOA E FARO. Ricardo A.C. Vieira, Luis Picado Santos.	685
6741	DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GESTÃO DE PAVIMENTOS AEROPORTUÁRIOS. Cesar Abreu, Luis Picado Santos.	693
6742	MISTURAS BETUMINOSAS TEMPERADAS: UMA SOLUÇÃO ADEQUADA PARA PAVIMENTOS EM ZONAS REMOTAS. Fernando Martinho, Luis Picado Santos, Silvino Capitão.	695
6823	SINALIZAÇÃO LUMINOSA INTELIGENTE. Cristina Vilarinho, José P. Tavares, Rosaldo J.F. Rossetti.	697
6829	MOBILIDADE URBANA: RASTREIO EM MAPUTO E MATOLA. Silva J. Magaia.	699
6881	AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DO PAVIMENTO DO AEROPORTO DE MAPUTO EM REABILITAÇÃO COM AUXÍLIO DA TEORIA DA VISCOELASTICIDADE E DETERMINAÇÃO DO PCN DO PAVIMENTO A DIVULGAR NO AIP. José F.R. Diogo, Acácio Tuendue, Naguy Faquirá.	701

6887	MÉTODOS DE IDENTIFICAÇÃO DE ZONAS DE ACUMULAÇÃO DE ACIDENTES. Sara Ferreira, António Couto, José P. Tavares.	703
6898	UTILIZAÇÃO DA BASE DE DADOS DO PROGRAMA LTPP NA ANÁLISE DE FATORES QUE INFLUENCIAM O DESEMPENHO DE PAVIMENTOS. Dinis Gardete, Luis Picado Santos, Silvino Capitão.	705
6901	UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE PLÁSTICO NO MELHORAMENTO DE SOLOS PARA ATERROS RODOVIÁRIOS. Miguel Sousa, Dinis Gardete, Rosa Luzia.	715
6996	IMPLEMENTAÇÃO DE CORREDORES BRT: CRITÉRIOS E REQUISITOS. Rosário Macário.	723
7006	ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE AS CARACTERÍSTICAS DAS VIAS INTERURBANAS E A SINISTRALIDADE RODOVIÁRIA - CASO DE ESTUDO: ESTRADA NACIONAL N2,N3,N5 E N6. Belzénia A.B. Matsinbe.	725
7014	A SUSTENTABILIDADE DOS OPERADORES DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS. António S. Matos.	727
7015	A COMPLEXIDADE DA INFORMAÇÃO TÉCNICA NECESSÁRIA PARA A TOMADA DE DECISÃO NOS TRANSPORTES COLECTIVOS DE PASSAGEIROS URBANOS. António S. Matos.	729
7021	A RELEVÂNCIA DE UMA AGENCIA METROPOLITANA DE TRANSPORTES COLECTIVOS DE PASSAGEIROS URBANOS EM MOÇAMBIQUE. António S. Matos.	731
7036	PISTA E SIMULADOR DE ENSAIOS ACELERADOS SOBRE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS. Vitor Antunes, Paulo Fonseca, João Afonso, Luis Gomes, Luis Picado Santos, Ana C. Freire, José Neves, Hugo Silva, Maria L. Antunes, Paulo Pereira.	733
SIMPÓSIO-11: EXPERIÊNCIAS E DESAFIOS DO E-GOVERNMENT E DA USABILIDADE		735
6579	ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO: UMA ABORDAGEM SOBRE A SUSTENTABILIDADE. Poliana Arruda Fajardo, Nemésio N.B. Salvador, Bernardo A.N. Teixeira.	737
6618	SISTEMA DE AUTENTICAÇÃO CENTRALIZADA E <i>SINGLE-SIGN ON</i> UNIFICADO BASEADO NO <i>CENTRAL AUTHENTICATION SERVICE</i> PARA SERVIÇOS WEB NO ISUTC. Vanessa S. Mabunda, Fernando M. Silva.	747
6689	DESENVOLVIMENTO DO E-GOVERNMENT - UMA REVISÃO DA LITERATURA PARA IMPLEMENTAÇÃO EM CONTEXTOS HETEROGÉNEOS. Domingos L. Rhongo, Ana Almeida, Nuno David.	749
6822	GESTÃO DE INFORMAÇÃO E DE ACTIVOS PARA OBTENÇÃO DOS OBJECTIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE SANEAMENTO - ESTUDO DE CASO DE MOÇAMBIQUE. António Monteiro, Ricardo Germano, Ana Silva, Frederico Martins.	751
6967	USO DE PORTAIS ELECTRÓNICOS COMO MECANISMO DE CONSOLIDAÇÃO DO E-GOVERNMENT: CASO DO PORTAL DA PROVINCIA DE CABO DELGADO EM MOÇAMBIQUE. Alberto Loiola, Micaela Roberto, Miguel Natha, Nelson Amade.	759
SIMPÓSIO-12: ENGENHARIA BIOMÉDICA NOS PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO		761
6614	DETERMINAÇÃO DA PARASITEMIA DA MALÁRIA ATRAVÉS DE IMAGENS USANDO A TRANSFORMADA WAVELET E A CURVA DE PEANO-HILBERT. José G.S. Consolo.	763
6774	DEVELOPMENT OF A NEW PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT FOR THE PROFESSIONAL COOKING STAFF THROUGH FUNCTIONAL DESIGN. Nuno J.R. Belino, André V.T. Silva, Rosh Paul.	765
6864	DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE ANTIMALARICAL CLOTHING. Cláudia I.S. Pinheiro, Nuno J.R. Belino, Roshan Paul.	767
6897	A ENGENHARIA CLÍNICA EM MOÇAMBIQUE. Mário F. Secca.	769
7001	CARACTERIZAÇÃO DO LÚMEN E DO FLUXO SANGUÍNEO NA BIFURCAÇÃO CAROTÍDEA COM ESTENOSE. Catarina F. Castro, Luisa C. Sousa, Helena A.M. Henriques.	771

SIMPÓSIO-14: AMBIENTES TÉRMICOS, ERGONOMIA E RISCOS DE SAÚDE PÚBLICA		775
6437	A EVAPORAÇÃO E O VAPOR DE ÁGUA NA ATMOSFERA - UM ESTUDO DE CASO NA REGIÃO DE AVEIRO. Mário Talaia.	777
6438	ESCOAMENTO DE DUAS FASES: LEITO FLUIDIZADO A DIFERENTES PRESSÕES. Mário Talaia.	787
6577	DESENHO IN SILICO DE INIBIDORES MULTI-ALVO PARA PROTEÍNAS ASSOCIADAS À TUBERCULOSE. M. Natália D.S. Cordeiro.	801
6657	AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DE PAVILHÕES DE PRODUÇÃO DE FRANGOS EM MOÇAMBIQUE. M.G.M. Gussule, F.J. Baptista, V. Fitas da Cruz.	803
6795	SENSAÇÃO TÉRMICA CONDICIONADA POR PARÂMETROS TERMOHIGROMÉTRICOS E ISOLAMENTO TÉRMICO DO VESTUÁRIO. Mário Talaia.	805
6796	COMO PREVER O ISOLAMENTO TÉRMICO DE VESTUÁRIO COM BASE NA SENSACÃO DE CONFORTO NUM AMBIENTE TÉRMICO. Mário Talaia.	813
7023	ESTUDO DAS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS ASSOCIADAS A MORTE DE PESSOAS E DESTRUIÇÃO DE INFRA-ESTRUTURAS NA REGIÃO DA ÁFRICA AUSTRAL, CASO DE ESTUDO: MOÇAMBIQUE. Fernando H. Chachaia, Ian Jandrell.	829
SIMPÓSIO-15: ENERGIAS NÃO ASSOCIADAS A COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS		831
6607	OPTIMIZAÇÃO ESTÁTICA E MODELAÇÃO DINÂMICA DA PRODUÇÃO DE MICROALGAS EM FOTOBIOREACTORES. João Thurler, Diana Fonseca, Edgar T. Santos, Luis Costa, Pedro J. Coelho.	833
6641	ALGUNS PROBLEMAS ASSOCIADOS A DIVULGAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS. Maria Rosa A. Duque.	853
6650	SOBRE UMA POSSÍVEL UTILIZAÇÃO LOCAL DE ENERGIA. Maria Rosa A. Duque.	857
6714	AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DA BIOMASSA FLORESTAL. Berta L. Cumbane, Ana Luísa Fernando.	865
6715	CONCLUSÃO DA REABILITAÇÃO DOS ORGÃOS DE DESCARGA DA BARRAGEM DE CAHORA BASSA - PROJECTO REABDESC. José Manuel Costa.	867
6758	ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS SOB A ÓTICA DA GERAÇÃO ENERGÉTICA RENOVÁVEL. Cássio R. Paulista, Roberta A. Santos, Henrique R.M. Hora, Milton Erthal Jr..	869
6837	DESIGNING AND TESTING THE SYSTEMS FOR ADVANCED TRANSPORTATION. José Loureiro.	877
6838	DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN HYBRID SYSTEM FOR ELECTRIC POWER DECENTRALIZED GENERATION. José Loureiro.	879
6937	FORNO HÍBRIDO GÁS/MICROONDAS PARA SÍNTESE DE PORCELANAS. Luis C. Costa, Tiago Santos, David Furtado, João Marinheiro, Francisco Proença.	881
6947	CÓDIGO TERMO-HIDRÁULICO PARA ANÁLISE DO FENÓMENO DE REMOLHAMENTO NA SIMULAÇÃO EXPERIMENTAL DE REATORES NUCLEARES À ÁGUA PRESSURIZADA (PWR). Amir Z. Mesquita, Sabrina P.A. Silva, Hugo C. Rezende, Maritza R. Gual.	883
6960	DESENVOLVENDO "PULSER PUMP" NA MATRIX DE PICO-HÍDRICAS EM MOÇAMBIQUE. Dercio Guila, F. Cumbe, Jorge Nhambiu, G. Nhumaio.	885
7018	IMPLANTAÇÃO DAS REDES ELÉCTRICAS INTELIGENTES EM MOÇAMBIQUE: POR ONDE COMEÇAR?. Nelson M. Chapala.	887
SIMPÓSIO-16: OPTIMIZAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL		889
6505	LOGÍSTICA INVERSA: ESTUDO EXPLORATÓRIO EM PORTUGAL. Maria José Varadinov, José Alves Ribeiro, Cristina Dias, Sérgio Rubio Lacoba.	891

6527	SÍNTESE DE ADSORVENTES ZEOLÍTICOS A PARTIR DE CINZAS PESADAS PROVENIENTES DA QUEIMA DE CARVÃO MINERAL EM CENTRAIS TÉRMICAS. Jonas V. Matsinhe, Domingos L. Macuvele, Miguel M. Uamusse, Estevão A.J. Pondja, Geraldo J.M. Martins, Nivaldo C. Cuhnen, Humberto G. Riella.	901
6560	IMPORTÂNCIA DOS RECURSOS FLORESTAIS NA COMUNIDADE DE COMBOMUNE DISTRITO DE MABALANE. Juvência Y. Malate, Carlos Aguiar, João P.M. Castro.	903
6571	VALOR PERCEBIDO, SATISFAÇÃO E LEALDADE DO CONSUMIDOR: COMÉRCIO DE RETALHO E UMA ABORDAGEM MULTIDIMENSIONAL HIERÁRQUICA DE 2ª ORDEM. Ana Sampaio, João Saramago, Elisabeth Reis.	905
6595	COLHEITA MECANIZADA EM DIFERENTES TIPOS DE OLIVAIS. Arlindo Almeida.	907
6621	DESIGN DE NOVOS PRODUTOS COM RECICLAGEM DE PET. Flávia Freixa, Jorge Lino Alves, Bárbara Rangel.	909
6730	ADAPTAÇÃO DE SERVIÇOS DE SANEAMENTO URBANO A ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS EM MOÇAMBIQUE. Filipa Ferreira, José S. Matos, António Monteiro, José S. Marta, Rosa Antunes, Paulo Oscar, Carlos N. Laisse, Olinda Sousa.	919
6808	ENERGIA SOLAR TÉRMICA AO SERVIÇO DA AGRICULTURA ESPECIALIZADA. Manuel P. Graça, Diogo Baptista, F.N. Freire, A.F Almeida, Luis H. Godinho.	921
6821	AVALIAÇÃO DO PROJETO DE ECONOMIA CIRCULAR DE SANEAMENTO PARA A ÁREA METROPOLITANA DE MAPUTO (MOÇAMBIQUE). António Monteiro, Ana Nunes, Filipa Ferreira, José S. Matos, Paulo Óscar, Carlos N. Laisse, Olinda Sousa.	923
6868	SIMULAÇÃO MATEMÁTICA DE SURTOS DE CÓLERA. David M.D. Santos, Jorge M. Isidoro.	933
6880	OPTIMIZED DESIGN OF A DAM WITH RESPECT TO THE COEFFICIENTS OF POLYNOMIALS DEFINING ITS SHAPE. Anca Maria Toader, Cristian Barbarosie, Sérgio Oliveira.	935
7000	OTIMIZAÇÃO E ANÁLISE DE ROBUSTEZ DE LIGAÇÕES APARAFUSADAS EM ESTRUTURAS METÁLICAS. Carlos C. António.	937
7019	REUTILIZAÇÃO DOS PNEUS EM MUROS DE CONTENÇÃO DE TERRA. Eulário R. Bernardo.	953
7025	OPERATIONS RESEARCH AND DECISION SUPPORT INVOLVING ELECTRICITY DISTRIBUTION SYSTEMS. Elias V. Wetela, Clito F. Afonso.	967
7032	ANALISE DIFUSIONAL ENTRE ELEMENTOS DE LIGA INCONEL 600 PRODUZIDA PELA METALURGIA DO PÓ, COMPACTADA EM CAMADAS. Alima C. Averu, Luciano V. Biehl, Jorge B. Medeiros.	969
7035	IDENTIFICAÇÃO DE LOCAIS POTENCIAIS PARA A COLECTA DE ÁGUA DA CHUVA NA BACIA DO LIMPOPO. Berta L. Cumbane, Emilio J. Magaia, Agostinho C. Vilanculos.	971
SIMPÓSIO-18: AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL NO ÂMBITO DA CPLP		983
6466	DESENVOLVIMENTO E DEFINIÇÃO DA VIDA ÚTIL DE UM NOVO PRODUTO: CARNE DE PORCO EMBALADA SOB VÁCUO E PRONTA A CONSUMIR. Marta Laranjo, Ana Gomes, Maria Eduarda Potes, Maria José Fernandes, Maria João Fraqueza, Miguel P. Elias.	985
6732	UTILIZAÇÃO DO VINAGRE COMO CONSERVANTE ALIMENTAR. Maria Eduarda Potes, Joana Véstia, Marta Laranjo, Miguel Elias.	987
6811	FLORESTA MEDITERRÂNICA: A INEVITABILIDADE DA MULTIFUNCIONALIDADE. José M. Potes.	989
6856	MAIAS: CONCEITO, METODOLOGIA E PROJECTO. Alfredo Soares Ferreira, Joaquim S. Domingues, Olga S. Castro, Joaquim F. Monteiro, Armando H. Ferreira.	991
6899	UTILIZAÇÃO DE IMPACTO MECÂNICO PARA AVALIAÇÃO DA MATURAÇÃO EM MELÃO. Ana C. Agulheiro-Santos, Pilar B. Elorza.	993

7011	PRODUTIVIDADE DA ÁGUA DA CULTURA DO MILHO (<i>ZEA MAYS</i>) NO REGADIO 25 DE SETEMBRO, DISTRITO DE BOANE, PROVÍNCIA DE MAPUTO, MOÇAMBIQUE. Wilson Sousa, Paiva Munguambe.	995
7017	AVALIAÇÃO DOS OPERADORES FLORESTAIS EM MOÇAMBIQUE: CONCESSÕES FLORESTAIS E LICENÇAS SIMPLES. Adolfo D. Bila, Andrade Egas, Ivan Remane.	997
SIMPÓSIO-20: ENGENHARIA GEOLÓGICA E MINAS NO ÂMBITO DA CPLP		999
6883	UM PERFIL SÓCIO-PROFISSIONAL DOS ENGENHEIROS DE MINAS DA FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO. Joaquim Gois, Alexandre Leite, Miguel T. Diogo, Teresa Laginha.	1001
6889	AS ORDENS DOS ENGENHEIROS E OS ATOS DE ENGENHARIA DE MINAS NO ÂMBITO DA CPLP. Teresa Laginha, Miguel T. Diogo, Alexandre Leite, Joaquim Gois.	1003
6909	ATOS DE ENGENHARIA GEOLÓGICA E DE MINAS. REFLEXÃO NO QUADRO LEGAL PORTUGUÊS. Miguel T. Diogo, Joaquim Gois, Alexandre Leite, Teresa Laginha.	1005
6980	O PAPEL DOS ENGENHEIROS DE MINAS NO RECONHECIMENTO RESPONSÁVEL DOS ATIVOS MINEIROS. Carlos Caxaria.	1007
SIMPÓSIO-22: EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO DE GÁS NATURAL E PETRÓLEO		1009
6697	INTERACÇÃO ENTRE DEPÓSITOS CONTOURÍTICOS E TURBIDÍTICOS (MIOCENO MÉDIO-SUPERIOR) - IMPLICAÇÃO NA EXPLORAÇÃO DE RESERVATÓRIOS DE HIDROCARBONETOS. Benvindo A. Martins, Cirilo Caxeiro.	1011
6874	INVERSÃO SÍSMICA GEOESTATÍSTICA UTILIZANDO ANÁLOGOS GEOLÓGICOS PARA ESTÁGIOS INICIAIS DE EXPLORAÇÃO. Ângela Pereira, Ruben Nunes, Leonardo Azevedo, Luis Guerreiro, Amílcar Soares.	1013
6879	AVALIAÇÃO DE RISCO TECNOLÓGICO DE “BLOW OUT” NA FASE DE PERFURAÇÃO: MODELO DE PRESSÃO DE POROS COM INTEGRAÇÃO DA SÍSMICA. Amílcar Soares, Leonardo Azevedo, Ruben Nunes.	1017
6944	UMA REFLEXÃO SOBRE OS NOVOS APROVEITAMENTOS DO PETRÓLEO E GÁS NÃO CONVENCIONAIS. Joaquim Gois, António Fiuza.	1019
6959	FLNG COMO OPÇÃO PARA MONETIZAÇÃO DE RESERVAS DE GÁS NATURAL OFFSHORE. José C. Nicolau, Ataíde Sacramento.	1021
6992	PANORAMA DA EXPLORAÇÃO DE GÁS NATURAL NÃO-CONVENCIONAL (<i>SHALE GAS</i>) NO MUNDO. Daniel Costa, Joaquim Gois, David Castelo Branco, Anthony Danko, António Fiuza.	1023
SIMPÓSIO-25: ICAR-INTERNET DAS COISAS, AUTOMAÇÃO E ROBÓTICA: APLICAÇÕES DE BAIXO CUSTO		1035
6594	EVALUATION OF GROUND-TRUTH SYSTEM FOR IN CAR HUMAN BODY POSE RECOGNITION. João Borges Silva, Vitor Coelho, Estevão Silva, Adriano Tavares, João Monteiro, Jaime Fonseca, José A. Mendes.	1037
6622	WECO, SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO DE ECOPONTOS. Tiago Gomes, Jorge Cabral.	1039
6637	LOW COST FDM 3D PRINTER WITH FUZZY-PID TEMPERATURE CONTROL AND COOLING SYSTEM. Christian Barros, Paul Lopez, Santiago Castellanos, Isaac Ferreira, Jorge Lino Alves.	1041
6675	PRODUTIVIDADE E QUALIDADE SUPERFICIAL DE UMA MATRIZ ASFÉRICA USINADA NUMA FRESADORA CNC. Gustavo Reinke, Walter Gennari Jr..	1043
6716	GESTÃO PATRIMONIAL, SEGURANÇA HUMANA OU ELECTRÓNICA. Ivan Lourenço, Beloward Perreira.	1045
6717	DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL USANDO UMA APLICAÇÃO ANDROID. Agnaldo H. Samuel, Aristides Anselmo, Roxan A. Cadir.	1053

6825	UMA ARQUITETURA PARA SUPORTAR APLICAÇÕES IoT: CASO DE ESTUDO DO PROJETO SUSCITY. João Fernandes, David Perez Abreu, Karima Velasquez, Edmundo Monteiro, A. Gomes Martins.	1055
6869	SISTEMA DE NOTIFICAÇÃO DO TÉRMINO DO SALDO DE CREDELEC. Edson C. Fortes, Suneila B. Muamade, Omar A. Anlaue.	1057
6983	SISTEMAS DE LOCALIZAÇÃO PARA ENDOSCOPIA POR CÁPSULA. Helder Araújo, Luis Perdigoto.	1059
7041	GESTÃO DE GRUPOS E COMUNICAÇÃO EFICIENTE EM M2M. André Riker, Marília Curado, Edmundo Monteiro.	1061
SIMPÓSIO-26: RISCO, PATRIMÓNIO, AMBIENTE, TURISMO E DESENVOLVIMENTO		1063
6699	ARGILAS E AREIAS DE CABO VERDE COM POTENCIALIDADES PARA GEOTURISMO DE SAÚDE. Angela Cerqueira, Cristiano S. Costa, F. Tavares Rocha.	1065
6702	AVALIAÇÃO DA FORMAÇÃO DE SUBPRODUTOS DA DESINFECÇÃO NO TRATAMENTO DE EFLUENTE DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO POR FILTRAÇÃO DIRETA DESTINADA AO REÚSO. Fernando A. Marrengula, Cristina F.P.R. Paschoalato, Mateus A.R. Guimarães, Mariana S. Silva, Renan H. Rocha.	1067
6746	IMPACTES NO AMBIENTE E NAS POPULAÇÕES DO VULCÃO DO FOGO, CABO VERDE. Carla Candeias, Paula F. Ávila, Fernando Rocha, Célia Alves, Eduardo F. Silva, Casimiro Pio, António L. Pina, João P. Teixeira.	1069
6784	INVESTIMENTOS FEDERAIS EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO: ANÁLISE HISTÓRICA E PREVISÃO. Munir S. Mussa, Renata G. Cordeiro, Henrique R.M. Hora, Alline S.C. Morais.	1071
6865	AVALIAÇÃO INTEGRADA DE MEDIDAS DE MELHORIA DA QUALIDADE DO AR EM CIDADES. Ana Isabel Miranda, Helder Relvas, Joana Ferreira, Carlos Silveira, Peter Roebeling, Myrian Lopes, Alexandra Monteiro, Carla Gama, Carlos Borrego.	1077
6894	A INFLUÊNCIA DA DESCARGA DE EFLUENTES RESIDUAIS NA QUALIDADE DA ÁGUA EM ZONAS SENSÍVEIS - RIBEIRA DA PRACANA, PORTUGAL. Maria Teresa Albuquerque, I.M.H.R. Antunes, Nuno P. Oliveira.	1079
6915	ECO-PARQUE CÔARUPESTRE - ELEMENTOS DO CONCEITO AO PROJETO. Ana C.P. Pires, Luis M.F. Gomes, Cláudia S.M. Beato.	1081
6950	OUT-OF-PLANE CYCLIC PERFORMANCE OF FULL-SCALE MASONRY INFILL WALLS. Humberto Varum, André Furtado, Hugo Rodrigues, António Arede.	1093
6979	CONTRIBUIÇÕES PARA UM COMPLEXO TALASSO-TERMAL NO CABO ESPICHEL. Patrícia C. Aldeia, Luis M.F. Gomes, Fernando M.L. Dinis.	1095
7031	ACÇÕES DE SISMO PARA O DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL EM MOÇAMBIQUE - DESAFIOS E PERSPECTIVAS. Rogério F. Pave, Elvin Alex.	1105
SIMPÓSIO-27: TICE-TECNOLOGIAS DA INFORMÁTICA, COMUNICAÇÕES E ELECTRÓNICA		1107
6461	SUSTAINABLE VILLAGES FOR DEVELOPMENT: PROMOTING DIGITAL INCLUSION. Waldir Moreira.	1109
6533	DESENHO DA COMPONENTE DE TRANSPORTE DE UMA REDE DE TELECOMUNICAÇÕES PARA ANGOLA. Duano L. Silva, João J.O. Pires.	1111
6558	SERVIÇOS COMPLEMENTARES SOBRE A INFRAESTRUTURA DE TI: A PRESSÃO TECNOLÓGICA DE SOLUÇÕES VOIP E CCTV-IP. Vitor M.O.B. Guerra.	1113
6638	OPTIMAL BITRATE FOR THE SCALABLE HIGH EFFICIENCY VIDEO CODING (SHVC). Alexandre Santiago, António Navarro.	1115
6721	PROJECTO DE UM SISTEMA DE VIGILÂNCIA PARA ESTACÕES RÁDIO BASE DE UMA EMPRESA DE TELEFONIA MÓVEL. Jamal A. Campos, Omar Anlaue.	1117

6857	SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO DE PRÓXIMA GERAÇÃO PARA SEGURANÇA PÚBLICA. Bruno Sousa, Hugo Marques, Luis Cordeiro, Edmundo Monteiro, Jonathan Rodriguez, paulo Simões.	1119
6911	SYNTHESIS, DOPING AND CHARACTERIZATION OF CaTiO ₃ : Er/Yb BY SOLID-STATE REACTION. Cleber C. Silva, Manuel P.F. Graça, Ana R.Q. Silva.	1121
6968	UMA REVISÃO DA LITERATURA SOBRE FATORES HUMANOS E ORGANIZACIONAIS DE MAIOR INFLUÊNCIA NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE. Vitor B. Ribeiro, Renata G. Cordeiro, Munir S. Mussa, Aline P.V. Vasconcelos, Henrique R.M. Hora.	1123
7013	GESTÃO DOCUMENTAL PARA AS ENGENHARIAS. Fernanda Cabanas, António Teixeira.	1135
7022	A RELEVÂNCIA DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA ACTUALIDADE: UMA PROPOSTA PARA A DEFINIÇÃO DO SEU ESTATUTO CIENTÍFICO NA COMPUTAÇÃO. Luis R.S. Olumene.	1137
SIMPÓSIO-28: ENGENHARIA INDUSTRIAL E PRODUÇÃO		1139
9001	REABILITAÇÃO DA CARÇA DE UM REDUTOR DA FÁBRICA DE BATERIAS DE AUTOMOVEIS ATRAVES DO PROCESSO DE SOLDADURA. Osmundo Héctor R. Pérez.	1141
9002	RECUPERAÇÃO DO CARRO COMPRESSOR AMF DE UMA COMPANHIA DE CHARUTOS E ANÁLISE PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS. Osmundo Héctor R. Pérez, Jose C.C. Rodríguez, Gilberto I.G. Villafruela, Antonio S. Matos, Tomas S. Massingue.	1143
9003	ASPETOS CONSTRUTIVOS DE MODELO PARA ENSAIOS EM TÚNEL AERODINÂMICO. José Manuel A. Ribeiro, Maria José Varadinov, Cristina Dias.	1145
6486	PANORAMA DA INVESTIGAÇÃO DA LOGÍSTICA INVERSA EM PORTUGAL. Maria José Varadinov, José Alves Ribeiro, Cristina Dias, Sérgio Rubio Lacoba.	1153
9004	O MERCADO DA ROCHA ORNAMENTAL - EVOLUÇÃO E PERSPECTIVAS. Artur Mouta Faria.	1163
Índice Alfabético dos Autores		1165

PREFÁCIO

Sobre o tema geral “*Desafios e Oportunidades para a Engenharia na Cooperação para o Desenvolvimento*” a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) e a Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane (FEUEM), em associação com as Ordens dos Engenheiros de Portugal e de Moçambique e com o alto patrocínio do Secretariado da Comunidade dos Países de Língua Portuguesa (CPLP), realizam a oitava edição do Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia (CLME2017) em conjunto com o 5º Congresso de Engenharia de Moçambique (VCEM), a decorrer nas instalações do Hotel VIP Grand Maputo, na cidade de Maputo/Moçambique, entre os dias 4 e 8 de Setembro de 2017

Para este 8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia e V Congresso de Engenharia de Moçambique foram recebidos mais de 280 propostas de comunicações, tendo sido seleccionados 252 artigos para apresentação durante o Congresso, cujos textos são publicadas no presente *Livro de Resumos* e no *Cartão USB* complementar que constituem os *Proceedings* do Congresso. Os artigos seleccionados resultam da contribuição de um total de mais de quinhentos autores oriundos não só de Portugal e Moçambique, na sua maior parte, mas também do Brasil e de outros países Africanos, da CPLP e do Mundo.

O Congresso inclui a organização de seis *Painéis Temáticos*, dinamizados por reputados especialistas convidados, sobre temas actuais de engenharia e de importância estratégica para Portugal, Moçambique e restantes países da CPLP: Ensino da Engenharia e Tecnologias de Informação, Obras Públicas e Infraestruturas de Transporte, Construção e Reabilitação Urbana, Infraestruturas Hídricas e Tecnologias do Mar, A Engenharia no Universo da CPLP, Geotecnia e Recursos Minerais.

As comunicações e os artigos estão agrupados em vinte *Simpósios Temáticos/Sessões Especiais*, cobrindo praticamente todas as áreas da engenharia moderna: Ensino de Engenharia, Materiais e Estruturas, Energia e Ambiente, Pontes e Barragens, Recursos Hídricos, Desenvolvimento de Produto, Agronomia e Engenharia Florestal, Automação e Electrónica, Obras Públicas e Reabilitação Urbana, Informática e Tecnologias de Informação, Infraestruturas de Transportes, Gestão e Engenharia Industrial, Engenharia Química, Engenharia Textil, Engenharia Biomédica, Recursos e Tecnologias do Mar, Geotecnia e Recursos Minerais, Inovação e Empreendedorismo.

A organização do Congresso, estes *Proceedings* em suporte electrónico e o Livro dos Resumos das Comunicações são o resultado do esforço conjunto de várias instituições e individualidades. Fica aqui expresso o reconhecimento e gratidão da Comissão Organizadora a todas as instituições e empresas que apoiaram a realização do Congresso, a todos os membros da Comissão de Honra, da Comissão Científica, das Comissões Locais, dos Coordenadores dos Simpósios e dos membros dos diferentes Painéis Temáticos, pelo esforço e empenho que puseram em motivar os participantes e, naturalmente, aos autores, pelo número e pela excelente qualidade das comunicações apresentadas e pelo rigor e profundidade com que os diversos temas foram abordados e discutidos.

Maputo/Moçambique, Setembro de 2017.

Joaquim Silva Gomes

Carlos Conceição António

Clito Félix Afonso

António Santos Matos

Comissão de Honra

Filipe Jacinto Nyusi
(Presidente da República de Moçambique)

João Falcão e Cunha (Director da FEUP)	Orlando Quilambo (Reitor da UEM)	Sebastião F. Azevedo (Reitor da U. Porto)	Arlindo Oliveira (Presidente do IST/UL)
Jorge Nhambiu (Ministro C&T Moçambique)	Manuel A.C. Assunção (Reitor da U. Aveiro)	António Fidalgo (Reitor da UBI)	Alexandre Charifo Ali (Director da FEUEM)
António Cunha (Reitor da U. Minho)	Carlos Mineiro Aires (Bastonário O.E., Portugal)	A. Sousa Fernando (V-M RM&E, Moçambique)	Feliciano do Rosário Dias (V-B O.E., Moçambique)
Conceita Sortane (Ministro Ed. Moçambique)	M ^a do Carmo Silveira (Sec. Exec. da CPLP)	Armindo Tiago (Vice-Reitor da UEM)	Amália Uamusse (Vice-Reitora da UEM)

Comissão Científica

A. Barata da Rocha (FEUP)	Catarina F. Castro (FEUP)	João Marcelino (LNEC)	Maria R. Duque (U. Évora)
A. Carmo Vaz (FEUEM)	Cláudia Beato (UBI)	João T. Sousa (FEUP)	Mário P. Vaz (FEUP)
A. Charifo (FEUEM)	Clito F. Afonso (FEUP)	J. Góis (FEUP/OERN)	Mário Talaia (UA)
A. Machado e Moura (FEUP)	Daniel A. Fumo (FEUEM)	Jorge Lino Alves (FEUP)	Miguel Amado (FCT/UNL)
A. Pires da Costa (FEUP)	Eduardo Qualharini (UFRJ)	Jorge Pinto (UTAD)	Paulo Canhoto (U. Évora)
A. Torres Marques (FEUP)	E. Monteiro (FCTUC)	Jorge O. Seabra (FEUP)	Paulo G. Piloto (IPB)
Alexandra Neves (FEUEM)	Elza Fonseca (IPB)	José L. Esteves (FEUP)	Paulo Pereira (UM)
Alfredo S. Ferreira (E&O)	Fernando J. Ferreira (ISEC)	José M. Cime (FCTUC)	Pedro Sing Sang (FEUEM)
Álvaro Cunha (FEUP)	Hélder Araújo (FCTUC)	J. Santos Victor (IST)	Pedro T. Pinho (ISEL)
Amílcar Soares (IST)	H. da Hora (I.F.Flum)	L. Oliveira Santos (LNEC)	Praxis M.J. Roque (FEUEM)
Anabela Paiva (UTAD)	Hipólito Sousa (FEUP)	L. Picado Santos (IST/UL)	Raquel P.F. Guiné (IPV)
António C. Mendes (UBI)	Isabel Duarte (U. Évora)	Luís Lopes (U. Évora)	Renato N. Jorge (FEUP)
António Correia (U. Évora)	J. Mora Ramos (LNEC)	Luís Pais (UBI)	Rosa Maria Miranda (UNL)
António Navarro (IT/U.Aveiro)	J. Reis Campos (FMDUP)	Luísa Costa (FEUP)	Rosa Vasconcelos (UM)
António Pinho (U. Évora)	J. Santos Baptista (FEUP)	M. Graça Madureira (IPB)	Rui C. Barros (FEUP)
António Rodrigues (FCT/UNL)	J. Silva Gomes (FEUP)	M.L. Madureira (FEUP)	Rui Gonzalez (LEM)
Armando C. Manso (LNEC)	João Fernandes (IST)	M. Manuela Portela (IST)	S. Adali (UKZN, S. Africa)
C. Mota Soares (IST)	João Ferreira (IST)	M. Teresa Restivo (FEUP)	Shaker Meguid (U. Toronto)
Carlos C. António (FEUP)	João Gomes (ISEL)	Marcelo M. Moura (FEUP)	Silva Magaia (FEUEM)
Carlos V. Quadros (FEUEM)	João Lanzinha (UBI)	Maria José Abreu (UM)	Telmo D. Pereira (FCTUC)
Carlos Varandas (IST)	João M. Tavares (FEUP)	Mário Secca (FCT/UNL)	Vasco Lagarto (TICE.PT)

Promotores Institucionais

Faculdade de Engenharia da U. Porto

Faculdade de Engenharia da UEM

Ordem dos Engenheiros de Portugal

Ordem dos Engenheiros de Moçambique

Comissão Executiva

Joaquim Silva Gomes
(FEUP)

Carlos Conceição António
(FEUP)

Clito Félix Afonso
(FEUP)

António Santos Matos
(FEUEM)

Comissão Organizadora

J.F. Silva Gomes
(FEUP)

Carlos C. António
(FEUP)

Clito F. Afonso
(FEUP)

Catarina F. Castro
(FEUP)

António S. Matos
(FEUEM)

Alexandra Neves
(FEUEM)

Rui Siteo
(FEUEM)

Irene Carvalho
(FEUEM)

Roxana Cadir
(FEUEM)

Carla Sevene
(FEUEM)

Graciete Taibo
(OE Moçambique)

Eunice Abreu
(OE Moçambique)

Secretariado

Nuno Pinto e Lurdes Catalino

Com o apoio de

ABREU-PCO, Professional Congress Organizer (<http://pco.abreu.pt>)

Mercatura Conference System (<http://www.mercatura.pt>)

Paineis Temáticos

PAINEL I: ENSINO DA ENGENHARIA E TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO

Mesa do Painei:

A. Charifo Ali (Director da FEUEM, Moçambique) - Moderador
Américo Muchanga (D.G. Inst. Nac. Comunicações, Moçambique)
Helder Araújo (Professor Catedrático da U. Coimbra, Portugal)
João Falcão e Cunha (Director da FEUP, Portugal)
João Gomes Ferreira (Vice-Presidente do IST/U. Lisboa, Portugal)
Jorge Nhambiu (Ministro da Ciência e Tecnologia, Moçambique)

PAINEL II: OBRAS PÚBLICAS E INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTE

Mesa do Painei:

Carlos Mesquita (Ministro Transp. e Comunicações, Moçambique)
Luís Picado Santos (Professor do IST/UL, Portugal)
Miguel Matabele (PCA dos CFM, Moçambique)
Silva Magaia (PCA da Maputo-Sul, Moçambique)
Tiago Mendonça (Director Geral da Betar, Portugal) - Moderador

PAINEL III: CONSTRUÇÃO E REABILITAÇÃO URBANA

Mesa do Painei:

Carlos B. Martinho (Ministro O.P., Hab. e R. Hidr., Moçambique)
Daniel Baloi (Professor da FEUEM, Moçambique) - Moderador
David Simango (Pres. do Município de Maputo, Moçambique)
Manuel Reis Campos (Presidente da AICCOPN/CPCI, Portugal)
Miguel Amado (Professor do IST/U. Lisboa, Portugal)

PAINEL IV: INFRAESTRUTURAS HÍDRICAS E TECNOLOGIAS DO MAR

Mesa do Painei:

Agostinho Mondlane (Min. Mar, Ág. Int. e Pescas, Moçambique)
Cláudio de Jesus (PCA de Águas de Portugal, Portugal)
Fernando V. Gomes (Professor da FEUP, Portugal) - Moderador
Joaquim P. Martins (Sec. Geral Cons. Nac. da Água, Portugal)
Nelson Matsinhe (Professor da FEUEM, Moçambique)

PAINEL V: A ENGENHARIA NO UNIVERSO DA CPLP

Mesa do Painei:

A. Sousa Fernando (Vice-Ministro RM&E., Moçambique) - Moderador
Carlos Mineiro Aires (Bastonário da O.E., Portugal)
Vitor Coutinho (Bastonário da O.E., Cabo Verde)
José Dias (Bastonário da O.E., Angola)
José Tadeu da Silva (Presidente do CONFEA, Brasil)

PAINEL VI: GEOTECNIA E RECURSOS MINERAIS

Mesa do Painei:

Adriano Sevano (Director do Inst. Nac. de Minas, Moçambique)
Carlos Caxaria (P.C. Eng. G. e Mina/OE, Portugal) - Moderador
Casimiro Francisco (PCA da EM Exploração Mineira, Moçambique)
Elias Daudi (Director Nacional de Geologia e Minas, Moçambique)
Joaquim S. Góis (Professor da FEUP/OERN/CERENA, Portugal)
Lectícia Klemens (Ministra dos Rec. Minerais e Energia, Moçambique)

Simpósia Temáticos

- Simpósio N° 1: Inovação no Ensino de Engenharia**
Coordenadores: J. F. Silva Gomes (FEUP, Portugal), Catarina F. Castro (FEUP, Portugal), Carlos C. António (FEUP, Portugal) e Clito F. Afonso (FEUP, Portugal)
- Simpósio N° 2: Regeneração Urbana e Habitação em Áreas Informais**
Coordenador: Miguel Pires Amado (IST/UTL, Portugal)
- Simpósio N° 3: Inspeção, Diagnóstico, Manutenção e Reabilitação do Edificado**
Coordenadores: João Lanzinha (UBI, Portugal) e Eduardo Linhares Qualharini (UFRJ, Brasil)
- Simpósio N° 4: Construções Tradicionais-Técnicas do Passado para um Futuro Sustentável**
Coordenadores: João Lanzinha (UBI, Portugal), Anabela Paiva (UTAD, Portugal) e Jorge Pinto (UTAD, Portugal)
- Simpósio N° 6: Recursos Geológicos: Caracterização, Avaliação, Exploração e Aplicação**
Coordenadores: Isabel M. R. Duarte (U. Évora, Portugal), António B. Pinho (U. Évora, Portugal), Luis Lopes (U. Évora, Portugal) e Ruben Martins (U. Évora, Portugal)
- Simpósio N° 8: Geotecnia no Património e no Ambiente**
Coordenadores: Luís Andrade Pais (UBI, Portugal), Paulo Carvalho (UBI, Portugal) e Luís Moreira Pinto (UBI, Portugal)
- Simpósio N° 9: Geotecnia nos Transportes**
Coordenadores: António Gomes Correia (U. Minho, Portugal), Ana Cristina Freire (LNEC, Portugal), José Neves (IST/U.Lisboa, Portugal), Eduardo Fortunato (LNEC, Portugal), Simona Fontul (LNEC, Portugal), Alberto Correia (FCTUC, Portugal) e Alexandre Pinto (IST/U.Lisboa/JetSJGeotecnia, Portugal)
- Simpósio N° 10: Engenharia e Operação de Infraestruturas de Transporte**
Coordenadores: Luís de Picado Santos (IST/U.Lisboa, Portugal) e Paulo Pereira (U. Minho, Portugal)
- Simpósio N° 11: Experiências e Desafios do E-Government e da Usabilidade**
Coordenadores: Domingos Rhongo (U. Católica, Moçambique), Ana de Almeida (ISCTE, Portugal) e Nuno David (ISCTE, Portugal)
- Simpósio N° 12: Engenharia Biomédica nos Países em Desenvolvimento**
Coordenador: Mário Forjaz Secca (FCT/UNL, Portugal)
- Simpósio N° 14: Ambientes Térmicos, Ergonomia e Riscos de Saúde Pública**
Coordenadores: Mário Talaia (U. Aveiro, Portugal) e João Baptista (FEUP, Portugal)
- Simpósio N° 15: Energias Não Associadas a Combustíveis Fósseis**
Coordenadora: Maria Rosa Duque (U. Évora, Portugal)
- Simpósio N° 16: Optimização para o Desenvolvimento Sustentável**
Coordenadores: Carlos C. António (FEUP, Portugal) e Catarina F. Castro (FEUP, Portugal)
- Simpósio N° 18: Agronomia e Engenharia Florestal no Âmbito da CPLP**
Coordenadores: J. F. Silva Gomes (FEUP, Portugal), Catarina F. Castro (FEUP, Portugal), Carlos C. António (FEUP, Portugal) e António S. Matos (FEUEM, Moçambique)
- Simpósio N° 20: Engenharia Geológica e Minas no Âmbito da CPLP**
Coordenadores: Carlos Caxaria (Ordem dos Engenheiros, Portugal), Joaquim Góis (FEUP, Portugal) e Miguel Tato Diogo (FEUP, Portugal)

- Simpósio N° 22: Exploração e Produção de Gás Natural e Petróleo**
Coordenadores: Amílcar Soares (IST, Portugal) e Joaquim Góis (FEUP, Portugal)
- Simpósio N° 25: ICAR-Internet das Coisas, Automação e Robótica: Aplicações de Baixo Custo**
Coordenadores: Hélder Araújo (U. Coimbra, Portugal), Edmundo Monteiro (U. Coimbra, Portugal) e José Santos Victor (IST, Portugal)
- Simpósio N° 26: Risco, Património, Ambiente, Turismo e Desenvolvimento**
Coordenadores: Cláudia Beato (UBI, Portugal e UCV, Cabo Verde) e Sónia Silva (UCV, Cabo Verde)
- Simpósio N° 27: TICE-Tecnologias da Informática, Comunicações e Electrónica**
Coordenadores: António Navarro (IT/U. Aveiro, Portugal) e Vasco Lagarto (Associação TICE.PT, Portugal)
- Simpósio N° 28: Engenharia Industrial e Produção**
Coordenadores: J.F. Silva Gomes (FEUP/U.Porto, Portugal), Carlos C. António (FEUP/U.Porto, Portugal) e António S. Matos (FEUEM, Moçambique)

PROCEEDINGS

CLME2017 / V CEM

8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia
V Congresso de Engenharia de Moçambique
Maputo (Moçambique), 4-8 Setembro 2017

PAINEL-I

ENSINO DA ENGENHARIA E TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO

Mesa do Painel

Alexandre Charifo Ali (Director da FEUEM, Moçambique) - Moderador

Américo Muchanga (D.G. Inst. Nac. Comunicações, Moçambique)

Helder Araújo (Professor Catedrático da U. Coimbra, Portugal)

João Falcão e Cunha (Director da FEUP, Portugal)

João Gomes Ferreira (Vice-Presidente do IST/U. Lisboa, Portugal)

Jorge Nhambiu (Ministro da Ciência e Tecnologia, Moçambique)

ARTIGO REF: 6301

A EVOLUÇÃO DO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE ENGENHARIA NUM CONTEXTO RICO EM TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO

João Falcão e Cunha^(*)

Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia - Porto, Portugal

^(*)*Email:* jfcunha@fe.up.pt

RESUMO

Os estudantes que hoje estão a iniciar a sua educação superior em engenharia nasceram num mundo onde os equipamentos, as aplicações e os serviços informáticos estão disponíveis permanentemente. A informática surge assim como uma ferramenta aparentemente fácil de usar mas em que é cada vez mais complexa e exigente a tarefa de dominar a criação ou manutenção segura dos sistemas.

A educação superior em Engenharia envolve a aquisição de conhecimentos e experiências na conceção, projeto, implementação e operação de sistemas reais (ver CDIO: *conceiving, designing, implementing, operating* www.cdio.org). Cada especialização de engenharia estará focada nos seus produtos e serviços, mas em todos os casos a informática veio alterar significativamente as abordagens. Também o processo de ensino-aprendizagem em engenharia sofre uma evolução significativa devido à informática.

Todas as disciplinas de engenharia são hoje enriquecidas pela utilização de sistemas computacionais avançados que potenciam o trabalho de conceção, projeto, implementação e operação.

As tecnologias de informação e comunicação (TIC) também facilitam os processos de ensino-aprendizagem e de avaliação permitindo apoio automático e apoio à distância.

Em particular os estudantes de Engenharia Informática têm de aprender a desenvolver aplicações e sistemas computacionais, de uso genérico e de uso especializado, adquirindo competências de programação em diversas linguagens. As associações internacionais ajudam a definir os curricula (ver por exemplo recomendações em www.acm.org/education/curricula-recommendations) que devem no entanto ser adaptados aos contextos institucionais.

Os estudantes de outras áreas de engenharia devem adquirir competências nos sistemas próprios das suas especialidades e devem também adquirir competências avançadas de programação que lhes permitam desenvolver módulos ou sistemas novos adaptados às necessidades. Também as associações internacionais ajudam a definir os respetivos curricula.

Considerando que a maior parte dos projetos reais requer competências diversas, onde estão envolvidas especialidades de diversas engenharias, e também de outros ramos do conhecimento, é importante que os engenheiros partilhem uma capacidade de comunicação e uma linguagem comum. A matemática e a física surgiram como disciplinas básicas que asseguram também uma capacidade de comunicação e compreensão dos problemas entre engenheiros de diversas especialidades. Cada vez mais a literacia em informática se afirma também como disciplina essencial para assegurar a comunicação entre engenheiros.

A evolução nas várias áreas de engenharia está intimamente ligada ao desenvolvimento de modelos onde a informática tem cada vez mais importância, potenciando e complementando a modelação física e matemática. A experiência de engenharia existente é cada vez mais assente em bases de dados que registam casos de dimensão e complexidade crescente, permitindo muitas vezes reutilizar conhecimento.

A complexidade dos sistemas de engenharia, que são cada vez mais inteligentes, e a sua interligação em tempo real, coloca desafios do ponto de vista técnico e também em muitos casos de segurança face a ataques informáticos.

O processo de ensino-aprendizagem de engenharia num contexto rico em tecnologias de informação e comunicação deverá assim incluir a aquisição de conhecimentos básicos e experiência em (i) programação e engenharia de software, (ii) sistemas de informação e bases de dados e por vezes em (iii) arquiteturas de comunicação e segurança informática.

Cada especialidade de engenharia tem de olhar para as suas fronteiras laterais (com outras engenharias e outras áreas de conhecimento) e para as fronteiras de futuro (o que irá ser necessário dentro de alguns anos) e adaptar os currículos à evolução desejada da profissão na sociedade.

ARTIGO REF: 6440

INFORMAÇÃO CLÁSSICA *VERSUS* INFORMAÇÃO QUÂNTICA: O ENSINO DE FÍSICA NUM CURSO DE ENGENHARIA INFORMÁTICA

Helena Vieira Alberto^(*)

CFisUC, Departamento de Física, Universidade de Coimbra, 3004-516 Coimbra, Portugal

^(*)*Email: lena@uc.pt*

RESUMO

Os desenvolvimentos atuais da Informação Quântica são a expressão mais eloquente da afirmação “Information is Physical” [Landauer,1966]. Um computador usa informação codificada numa base binária. A unidade é o bit que pode ser 0 ou 1. A informação e as operações com informação têm uma realização física concreta. Por exemplo, o bit 1 pode corresponder a uma tensão eléctrica de 5 V e o bit 0 a uma tensão eléctrica de 0 Volts e as operações lógicas sobre esses estados - as gates - têm uma tradução em operações físicas com sinais eléctricos. Há outras realizações físicas possíveis que podem codificar a mesma informação e que são equivalentes desde que as leis físicas que as regem sejam comuns. Independentemente da realização física, os dados podem ser copiados, apagados, lidos tantas vezes quantas as necessárias, armazenados durante longos períodos de tempo etc,... desde que a informação seja clássica, i.e., desde que o seu suporte físico seja regido por leis clássicas. Note-se que isto inclui sistemas cujo funcionamento tem por base fenómenos quânticos, como é o caso das memórias magnéticas que usam o fenómeno da magnetoresistência, por exemplo. São contudo sistemas quânticos cujo comportamento é um fenómeno coletivo, não coerente, e em consequência, as leis que regem a informação armazenada são leis clássicas.

Há, no entanto, estados físicos cujo comportamento não tem correspondência clássica: os estados associados a sistemas quânticos individuais. Novas técnicas experimentais tornaram possível guardar e processar informação codificada em sistemas quânticos individuais. Uma vez que o comportamento desses sistemas não tem correspondência clássica, a sua utilização abre novas possibilidades na manipulação de informação. As regras de funcionamento não são novas - os conceitos fundamentais foram estabelecidos nos anos 30 pelos fundadores da Mecânica Quântica. A novidade está na possibilidade atual de manipular sistemas quânticos individuais, ou seja, na possibilidade de realizar experiências que na época seriam classificadas como experiências pensadas. A informação baseada em sistemas quânticos individuais tem características diferentes da informação clássica:

- A unidade não é o bit (que assume o valor ou 0 ou 1) mas o bit quântico ou qubit, que é uma sobreposição coerente de estados 0 e 1, sendo a sobreposição caracterizada por dois parâmetros que identificam o peso do estado 0 e do estado 1 na sobreposição. Assim, se enviarmos um bit clássico de informação só podemos enviar duas mensagens distintas: um 0 ou um 1. A informação que pode ser transportada por um qubit é a informação associada aos coeficientes da sobreposição de estados e o número de possibilidades é infinita.

-A realização de uma medida de um registo quântico altera o estado do sistema. Se inicialmente o registo for descrito por uma sobreposição de um 0 e um 1, no final da medida o registo ficará ou no estado 0 ou no estado 1, ou seja, a medida altera o estado do registo. A

medida de um registo quântico pode ser vista como a destruição de um qubit pois transforma um bit quântico num bit clássico. Podem, no entanto ser realizadas operações não destrutivas com os qubits antes de serem medidos. Um algoritmo quântico é construído como operações desse tipo, designadas por gates quânticas. Note-se que na leitura de um registo que contém um bit clássico, se obtivermos 1, podemos concluir que o registo antes da medida estava no estado 1. Se obtivermos zero, concluimos que antes da medida estava no estado 0. Não podemos extrair essa conclusão se o registo estiver num estado quântico. Se o sistema for quântico, o estado inicial contém mais informação do que aquela que eu obtenho numa única medida.

- É impossível fazer uma cópia de um registo quântico (teorema da não-clonagem).
- Existem estados de vários qubits que exibem uma correlação entre eles sem qualquer análogo clássico (estados emaranhados).

Estas características distintivas da informação quântica abrem novas possibilidades na manipulação de informação. Por exemplo, já existem atualmente no mercado protocolos seguros de distribuição de chaves de encriptação baseados em informação quântica, em que a segurança da comunicação se baseia na capacidade de detetar intrusão se ela ocorrer. Por outro lado, os estados emaranhados tornam possível o transporte da informação contida num qubit, sem que o qubit seja fisicamente transportado (o chamado teletransporte quântico).

A compreensão das diferenças entre informação clássica e informação quântica é da maior importância no mundo atual e pode (deve) ser o tema central de uma cadeira introdutória de Física no primeiro ano num curso de Engenharia Informática, tendo como requisitos prévios uma formação geral do aluno equivalente ao 9º ano em Portugal. É essa a abordagem que a autora desta apresentação tem seguido no ensino da unidade curricular “Tópicos de Física Moderna” do 1º ano da licenciatura em Engenharia Informática na Universidade de Coimbra [Helena Alberto, 2016]. A estrutura do curso tem os seguintes tópicos:

1. Descrição de uma partícula em Física Clássica
2. A medida em Física Clássica
3. Descrição de uma onda
4. Dualidade onda-partícula: descrição de uma partícula em Física Quântica
5. O problema da medida em Física Quântica.
6. Informação Quântica.

A experiência da docente é a de que esta estrutura do curso é extremamente motivante para os alunos e o sucesso escolar aumentou consideravelmente relativamente aos anos em que o conteúdo programático era o de uma Física Geral tradicional. Essa experiência será discutida na apresentação e todos os materiais (textos, programas em python, filmes) que foram desenvolvidos no contexto desta experiência didática serão disponibilizados livremente nesta conferência.

REFERÊNCIAS

- [1]-Landauer, R., The Physical Nature of Information, Physics Letters A 217 (1966) 188-193.
- [2]-Alberto, H.V., Física e Informação, notas letivas de Tópicos de Física Moderna, Universidade de Coimbra, 2016.

ARTIGO REF: 6472

A PERSPECTIVE IN ENGINEERING EDUCATION USING PROJECT-BASED LEARNING

José Figueiredo^(*)

IST, Universidade de Lisboa, CEG-IST, Lisboa, Portugal

^(*)*Email: jdf@tecnico.ulisboa.pt*

ABSTRACT

Engineering Education is certainly a very important topic. However, as engineering practice exists since the first steps of mankind, man begun to be engineers much before a formal acceptance of the fact occurs. With this statement we want to say that engineering is hard and soft, a mixture of hard rules and models, basic sciences, with context dependant behaviour, organizational rules, social dependencies and people emotions. Besides, engineering practice is something that is always evolving in a dynamic faction, in contours of blurred definition [1], which implies that the body of knowledge that supports it is always reconstructing itself. Strategies for engineer education are manifold and the only problem seems to be that along the years we tend to adopt the more classic ones, which sometimes are the most ineffective, a problem of the dominant design concept [2]. And the fact is that escaping from the dominant design always implies a paradigm shift [3]. Here a shift from teacher presenting to student own work. Within the broad area of Engineering Education we in this paper and in our own research are much focused in engineering project education. How can we provide better project approaches [4], integrating technology and social, how can we extend the abilities of our engineers?

In engineering master courses that are structured to have a topic on Project (normally associated with the master's dissertation) students use to develop a kind of report, a small dissertation. Having in mind that future engineers should enhance their sociotechnical abilities, we designed a course strictly based on project-based learning. Our results are very interesting in the domain of integrating technology and business. By observing what relevant communities in engineering schools do, namely academics in a broad sense, teachers, pedagogical and scientific board elements, students; also by reflecting on the experiences of academics and researchers through published papers in top international journals; and finally by distilling our own experience we are able to construct theory and deploy some reflections and recommendations. With that purpose in mind we designed a case study as a strategy of research, and we used bibliographical analyses over public data published in top international journals to animate our reasoning's and assert our recommendations. With this approach we are able to extend some practices, as we are able to recommend some behaviour culture-based attitudes. Our "abstract" has only two sections after this introduction. In the first one we try to make explicit why we used project-based learning and in the other we make a very general description of the case study we mounted to support our research. In fact many others aspects are considered, but they can only be explored and detailed in the extended version of this paper.

The goal of our research is to make explicit a specific paradigm, an integrated way of looking into engineering practice and engineering learning, using project development approaches involving technologic artefacts, social habits and emotions, mainly considering them all

sociotechnical things playing together. The main advantage of our proposed approach is that learning occurs by doing and, we would say, more importantly, learning occurs almost as a sub-product of doing, almost without explicit notice from the students, as they are mainly engaged in achieving results. And achieving results they learn quite a lot! In fact there are mixed goals in our approach. One is performing and obtaining results in engineering project design and development. The second one is a by-product of that, and it is learning, enriching its own dynamic capabilities, and internalizing tacit and explicit knowledge about the work experienced. Of course the effectiveness of our model resides in the alignment of the two goals, which implies mature staff and motivated students.

Our project courses usually have from 6 to 50 students and we divide them by groups of three or four students each. The way groups are formed is important, for example in each group we should explore diversity, if two close friends are in the course they should belong to different groups. Also the number of students per group is important. Two is short, and something between three and four looks ideal for the kind of task we deal with, a semester work in 6 ECTS Project course. General literature on PBL stresses that there are three key success factors: students should produce multiple evolutionary drafts, incorporate frequent peer critique, as well as expert advice, and performance should culminate with a public presentation, with explicit questions and answers, discussion and assessment. From these recognised success factors we draw some extensions considered very important. One is collaboration between concurrent student groups [5]. A specific plot should be mounted in order to explore this collaboration [5,6]. We namely use the first steps of the project evolution to provide a kind of state of the art about the problem under study, in this step collaboration is more than suggested. On further steps of the project we promote competition but we always suggest students keep on collaborating. We need to say that all groups address the same project, eventually two different projects at most. One other extension of our approach is assigning roles and other is explaining the rules, even better, helping in designing the rules within the course community. Another extension is to create an ongoing lessons learned processes, inviting students to debate about what they are doing and discovering and defying them to suggest ways of “fixing” this created knowledge for collective use of the extended community. And finally we should explore specific exercises of student’s co-assessment, with almost their full responsibility, always exploring their empowerment.

REFERENCES

- [1]-Vincenti, W. G., 1990, What Engineers Know and How They Know It: Analytical Studies from Aeronautical History, Baltimore, The Johns Hopkins University Press.
- [2]-Midler, Christophe and Romain Beaume, 2010, Project-based learning patterns for dominant design renewal: The case of Electric Vehicle, International Journal of Project Management, 28 (2010) 142-150.
- [3]-Kuhn, T., 1963. The Structure of Scientific Revolutions.
- [4]-KPMG, 2013, Project Management Survey Report 2013, Strategies to capture business value.
- [5]-Tyerman, Andrew and Christopher Spencer, 1983, A Critical Test of the Sherifs' Robber's Cave Experiments Intergroup Competition and Cooperation Between Groups of Well-Acquainted Individuals, Small Group Research November 1983 vol. 14 no. 4 515-531.
- [6]-Mikael Puurtin and Tapio Mappes, 2009, Between-group competition and human cooperation, Proceedings of the Royal Society B (2009) 276, 355-360.

ARTIGO REF: 6487

REENGENHARIA DE PROCESSOS - CASO DE ESTUDO INSTITUTO SUPERIOR DE TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES (ISUTC)

Elton Sixpence^{1,2(*)}, André Vasconcelos^{2,3}, José Tribolet^{2,3}

¹ISUTC, Instituto Superior de Transportes e Comunicações, DTIC - Maputo, Moçambique

²IST, Instituto Superior Técnico, DEI - Lisboa, Portugal

³CODE, Centro de Design Organizacional & Engenharia, INOV, Rua Alves Redol 9, Lisboa, Portugal

(*) *Email*: elton.sixpence@isutc.transcom.co.mz

RESUMO

O Instituto Superior de Transportes e Comunicações - ISUTC, é uma instituição de ensino superior, criada pela TRANSCOM, SA em 2000, tem a sua sede em Maputo, Moçambique, está vocacionada em formação nas temáticas dos transportes e comunicações, ministra seis cursos de licenciatura, dos quais, quatro na área de engenharia e dois na área de gestão, para além das licenciaturas, leciona cursos de pós-graduação, mestrados e formação contínua. Atualmente, funciona num único campus, com 1.100 alunos, 139 docentes, dos quais 13% em tempo integral, e 25 administrativos, funcionam em média 140 instâncias de disciplinas por semestre.

Em cinco anos, duplicou o número de alunos, e não foi feita a correspondente reengenharia de processos. Na sequência, enfrentam-se problemas, tais como, dificuldade de espaços, deficiências no controlo de aulas, falta de recursos para o controlo da qualidade dos materiais de ensino, atrasos na divulgação de resultados de avaliações, e dificuldades em controlar o estado dos projetos finais de curso, dificuldades no controlo de recebimentos das propinas, e deficiências na gestão documental.

Em resposta aos problemas acima referidos, o plano estratégico e de desenvolvimento da TRANSCOM, SA - PED 2013-2016, aprovado em Assembleia Geral dos Acionistas em Maio de 2013, define como uma das linhas de ação do ISUTC, *o aumento da qualidade dos serviços prestados aos clientes internos e externos*, que inclui, a melhoria da comunicação interna, *a informatização integral da gestão pedagógica e administrativa*, incluindo o sistema de faturação e cobrança de propinas escolares, bem como, a ampliação e manutenção das instalações.

O presente estudo, surge no âmbito dos estudos de Doutoramento em Engenharia Informática e de Computadores em coordenação com a Direção de Sistemas de Informação da TRANSCOM, SA, entidade encarregue na implementação de sistemas de informação, e teve como objetivo elaborar uma proposta de transformação do ISUTC, assente em bases científicas e tecnológica da Engenharia Organizacional (*Enterprise Engineering*) e Arquitetura Organizacional (*Enterprise Architecture*).

A disciplina Engenharia Organizacional (Dietz et al. 2013) proporciona um conjunto de fundamentos metodológicos que permitem responder a três questões genéricas, nomeadamente, a gestão intelectual, a coerência organizacional e a devoção social. Cada um dos objetivos, está relacionado com o *design*, governança e gestão organizacional.

Arquitetura Organizacional (Lankhorst et al. 2005) é um conjunto coerente de princípios, métodos e modelos que são utilizados no *design* e implementação da estrutura organizacional, processos de negócios, sistemas de informação e infraestrutura.

A *ETA Framework* (Ricardo & Tribolet 2013) permite uma visão clara e o entendimento do processo completo de transformação organizacional, relacionada com a adoção de artefactos tecnológicos, com enfoque para mudanças organizacionais, os benefícios correspondentes e o envolvimento dos *stakeholders*.

A metodologia de investigação utilizada no presente estudo, foi a *Design Science Research Methodology - DSRM* (Peppers et al. 2008), que consiste na conceção e avaliação de soluções alinhadas com as necessidades do negócio, e é constituída por cinco etapas, nomeadamente, identificação do problema e a motivação, objetivos da solução, desenho e implementação, demonstração, avaliação e comunicação.

A abordagem seguida no presente estudo, consistiu em quatro fases, nomeadamente, na primeira foi feita a revisão de literatura e identificadas as ferramentas de descrição de arquitetura, tendo sido selecionadas, a metodologia *Design & Engineering Methodology for Organizations - DEMO*, por permitir representar a essência duma organização reduzindo a complexidade, e a linguagem de Modelação *Archimate*, que possibilita a representação completa da organização (processos, aplicações, informação e tecnologia). Na segunda, fez-se a análise da orientação estratégica do ISUTC, tendo sido apuradas às seguintes linhas orientadoras para concepção da arquitetura, a utilização da co-produção na introdução de dados nos sistemas de informação sempre que possível, a necessidade de obter indicadores de desempenho dos docentes e do pessoal administrativo, a necessidade de manter um controlo efetivo de todos os documentos que entram e saem da organização e a eliminação de todos os processos manuais e passíveis de serem automatizados, e foi feito um levantamento dos processos, tendo sido identificados 28 processos relacionados com a gestão pedagógica e serviços administrativos. Na terceira fase, com recurso ao DEMO e *Archimate*, fez-se a descrição das arquiteturas, de processos, de aplicações, de informação e da tecnologia. Na última fase, recorrendo a técnica CRUD foi possível apurar a arquitetura final garantindo o alinhamento, dos processos, informação, tecnologia e da organização, e finalmente arroladas um conjunto de ações de implementação da arquitetura com o recurso na *ETA Framework*.

É nossa convicção que, o plano de transformação organizacional proposto no presente estudo, constituirá uma ferramenta essencial que irá garantir o alinhamento entre os sistemas de informação e os processos de negócios, evolução num ambiente controlado, e gestão efetiva das expectativas dos os *stakeholders*.

REFERÊNCIAS

- [1]-Dietz, Jan L. G., Jan a P Hoogervorst, Antonia Albani, David Aveiro, Eduard Babkin, Joseph Barjis, Artur Caetano, et al. 2013. "The Discipline of Enterprise Engineering." *International Journal of Organisational Design and Engineering* 3 (1): 86-114. doi:10.1504/IJODE.2013.053669.
- [2]-Lankhorst, Marc, M. E. Iacob, H. Jonkers, L. Van Der Torre, H. a. Proper, F. Arbab, F. S. De Boer, et al. 2005. *Enterprise Architecture at Work: Modelling, Communication, and Analysis*. Enterprise Architecture at Work: Modelling, Communication, and Analysis. doi:10.1007/3-540-27505-3.
- [3]-Peppers, Ken, Tuure Tuunanen, Marcus Rothenberger, and Samir Chatterjee. 2008. "A Design Science Research Methodology for Information Systems Research." *J. Manage. Inf. Syst.* 24 (January): 45-77. doi:10.2753/MIS0742-122240302.
- [4]-Ricardo, Dionísio, and José Tribolet. 2013. "ETA Framework - Enterprise Transformation Assessment." Lisbon.

ARTIGO REF: 6563

PERSONALIZAÇÃO EM MASSA DE SOFTWARE: INTEGRAÇÃO DE COMPONENTES DE SOFTWARE GENÉRICO COM VISTA À CONSTRUÇÃO DE SOLUÇÕES ESPECÍFICAS

Adelaide Carvalho^(*)

Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal

^(*)*Email:* carvalhoadelaide@ua.pt

RESUMO

A procura crescente de produtos e serviços que satisfazem necessidades únicas e específicas, colocou a personalização em massa na vanguarda da economia. Produzir bens ou serviços que visam a satisfação de necessidades individuais no tempo e no lugar certos, mas a preços da produção massa é, hoje, um dos maiores desafios tecnológicos que a economia enfrenta. Estas expectativas de personalização estenderam-se ao software, fazendo com que os utilizadores procurem cada vez mais aplicações informáticas que resolvam os seus problemas específicos na medida e tempo exatos. Os utilizadores finais e intermédios esperam cada vez mais poderem selecionar funcionalidades e integra-las, construindo soluções específicas. Por outro lado, os contínuos avanços científicos e tecnológicos de desenvolvimento, integração e reutilização de funcionalidades sustentam estas expectativas de produção personalizada de soluções informáticas. Neste sentido, apresentamos um caso de estudo cuja resolução recorre à integração de duas aplicações genéricas - o Microsoft Project 2016 e o Microsoft Excel 2016 - para demonstrarmos a construção de uma solução de simulação discreta.

Trata-se da personalização de planos de estudo de Português à medida das competências dos alunos. São simulados os planos de estudos e as necessidades de recursos humanos e de recursos materiais, recorrendo às funcionalidades de planeamento de projetos do Microsoft Project 2016 e à linguagem de programação Visual Basic for Applications (VBA). O Microsoft Excel 2016 é instanciado por aquela aplicação da Microsoft para atuar como recetor dos resultados da simulação. Uma vez lançados na folha de cálculo os resultados da simulação, o utilizador pode efetuar a sua análise estatística e financeira aplicando as poderosas funcionalidades do Excel. Integrámos automaticamente duas aplicações genéricas da Microsoft para construirmos uma aplicação específica de simulação que permite estudar os custos e as receitas esperadas para uma escola de línguas. A esta solução poderemos, usando a mesma metodologia, adicionar outras componentes, nomeadamente o Microsoft Word 2016 para introdução de texto que contextualize os dados ou o Microsoft Visio 2016 para modelação gráfica dos dados de entrada.

A implementação desta solução que é apenas um exemplo de personalização de software genérico e popular, incentiva-nos a explorar diversas áreas da gestão e dos negócios de modo a respondermos à necessidade de uma solução para cada problema sem elevarmos significativamente os custos.

Caso de estudo: Aprender à Medida

Na senda da personalização em massa, a escola de Português, *Aprender à Medida*, desenha planos de estudos com vista à obtenção do Diploma Intermédio de Português Língua Estrangeira. A escola pretende selecionar para cada aluno, em função dos resultados de um

teste de diagnóstico, os módulos disciplinares que deve frequentar, a ordem pela qual os deve frequentar, assim como, as respetivas durações e custos a suportar.

(i) *Módulos disciplinares*: a escola ministra módulos de ensino que versam quatro grandes áreas disciplinares: Vocabulário (V), Conversação (C), Leitura (L), e Escrita (E). O ensino de cada área disciplinar decompõe-se em cinco módulos, correspondendo cada módulo a um nível de competência.

(ii) *Ordem de leção dos módulos*: a ordem de leção dos 20 módulos que a escola leciona está representada num grafo que mostra as relações de dependência entre os módulos.

(iii) *Duração dos módulos*: a duração de um módulo, em dias, é função da duração do módulo precedente da sua área disciplinar.

(iv) *Recursos humanos e materiais*: a escola dispõe de recursos humanos e recursos materiais para a leção dos diversos módulos. Os recursos estão descritos numa base de dados.

(v) *Horário de funcionamento*: a escola funciona oito meses por ano, de abril a novembro, cinco dias por semana e seis horas por dia, das 16 h às 22 h. A escola encerra aos fins de semana e feriados nacionais.

(vi) *Personalização dos planos de estudo*: o processo de desenho à medida do plano de estudos consiste nas seguintes etapas:

- a) Classificação das quatro partes do teste de diagnóstico segundo uma escala de 1 a 5 valores;
- b) Determinação dos módulos a frequentar, tendo em atenção que a classificação de cada área disciplinar determina o primeiro nível dessa área disciplinar que o aluno terá de frequentar;
- c) Desenho da rede de relações de dependência entre os módulos a frequentar pelo aluno;
- d) Atribuição de um professor para os módulos de Conversação de níveis superiores a 2 e outro professor para os módulos de Escrita de níveis 4 e 5.
- f) Atribuição monitores para os restantes módulos.

(vii) *Propinas*: a escola adota a regra de propina semanal certa, isto é, o aluno deve pagar, no início de cada semana do curso, uma quantia de valor constante. A propina semanal certa é o termo constante de uma renda cujo valor atual é o somatório dos valores atuais dos custos imputados aos módulos que o aluno deve frequentar acrescido de $x\%$ para pagar a organização do curso.

Questões:

1. Recorrendo às funcionalidades do MS Project 2016 e ao VBA para o MS Project, elabore um programa que conceba o plano de estudos - módulos, durações e precedências - recomendado para o aluno hipotético Adam Smith cujos resultados do teste diagnóstico sejam gerados aleatoriamente. O nome do aluno deve figurar como atividade agregadora e o início do plano de estudos poderá ser apenas até 30/06/2017. O programa deverá lançar numa folha de cálculo, as datas de início e fim do curso, o número total de módulos, o número de módulos com professor e o custo total do curso.
2. Simule a inscrição de Y alunos, gerando Y planos de estudo e lançando numa folha de Excel os resultados necessários para estimar os recursos necessários, as receitas e os custos esperados.

ARTIGO REF: 6604

iCBD: UMA INFRAESTRUTURA BASEADA NOS CLIENTES PARA EXECUÇÃO DE DESKTOPS VIRTUAIS

Paulo Afonso Lopes^{1(*)}, Nuno Preguiça¹, Pedro Medeiros¹, Miguel Menezes Martins²

¹Universidade Nova de Lisboa, Depart. Eng^a Informática, NOVA-LINCS, Monte de Caparica, Portugal

²Reditus, S.A., Alfragide, Portugal

(*)Email: poral@fct.unl.pt

RESUMO

Hoje em dia o uso de hipervisores está largamente disseminado, sendo que é grande a sua utilização nos Centros de Dados: na consolidação de servidores (poupança de energia, espaço, redução no fardo de administração), na rápida instanciação (deployment) e remoção (retirement) de máquinas virtuais (VMs), na facilidade com que se retoma sua execução em caso de faltas (faults - crash/“avaria” de um servidor físico ou virtual), entre outras.

Este artigo relata a investigação e desenvolvimento, por uma equipa mista da Reditus, S.A., e do Centro de Investigação NOVA LINCS da FCT/NOVA, no âmbito de um projecto Portugal 2020, de uma Virtual Desktop Infrastructure (VDI) de um tipo particular: uma client-based VDI, na qual a execução dos desktops (virtuais) é efectuada nos postos físicos, e não em grandes servidores. A vantagem desta abordagem é fundamentalmente ao nível dos custos de infraestrutura, que são muito inferiores aos de uma VDI baseada em servidores, como as propostas pela Citrix, com o XenDesktop, ou pela VMware, com o View.

INTRODUÇÃO

Hoje em dia o uso de hipervisores (Agensen, 2010 e Barham, 2003) está largamente disseminado, sendo que é grande a sua utilização nos Centros de Dados: na consolidação de servidores (poupança de energia, espaço, redução no fardo de administração), na rápida instanciação (deployment) e remoção (retirement) de máquinas virtuais (VMs), na facilidade com que se retoma sua execução em caso de faltas (faults - crash/“avaria” de um servidor físico ou virtual), entre outras.

Embora o seu impacto inicial das tecnologias de virtualização seja fundamentalmente naquilo que se convencionou designar por virtualização de servidores, estas acabaram por “invadir” outras áreas das TIs, e em particular serem utilizadas naquilo que se designa por infraestruturas de desktops virtuais (VDI - *Virtual Desktop Infrastructure*). As VDI são, tal como o nome indica, infraestruturas de desktops (por exemplo, PCs ou laptops) que têm uma característica fundamental – foram virtualizadas, i.e., são VMs.

No momento em que se decide que o suporte para um posto de trabalho (o desktop) não é mais uma máquina física mas sim uma máquina virtual, adquirem-se imediatamente vários “graus de liberdade” que de outra forma dificilmente seriam possíveis de atingir, e as diferentes realizações disponíveis no mercado e/ou investigadas com maior ou menor sucesso correspondem, portanto, a escolhas nessa paleta de possibilidades. É assim possível: a) executar uma VM, “imagem” virtualizada de um posto de trabalho, num servidor e aceder ao desktop (virtualizado nessa imagem) através de um protocolo como o RDP ou outro similar,

ou optar por b) executar essa mesma VM num PC, *laptop* ou *tablet* de utilização indiferenciada da organização (i.e., que não seja especificamente pertencente a um utilizador, mas de uso genérico para qualquer elemento da organização).

Este artigo relata a investigação e desenvolvimento, por uma equipa mista da Reditus, S.A., e do Centro de Investigação NOVA LINCS da FCT/NOVA, no âmbito de um projecto Portugal 2020, de uma VDI de um tipo particular: uma *client-based VDI*, na qual a execução dos desktops (virtuais) é efectuada nos postos físicos, e não em grandes servidores, ver Figura 1. A vantagem desta abordagem é fundamentalmente ao nível dos custos de infraestrutura, que são muito inferiores aos de uma VDI baseada em servidores, como as propostas pela Citrix, com o XenDesktop, ou pela VMware, com o View (Dasilva, 2012).

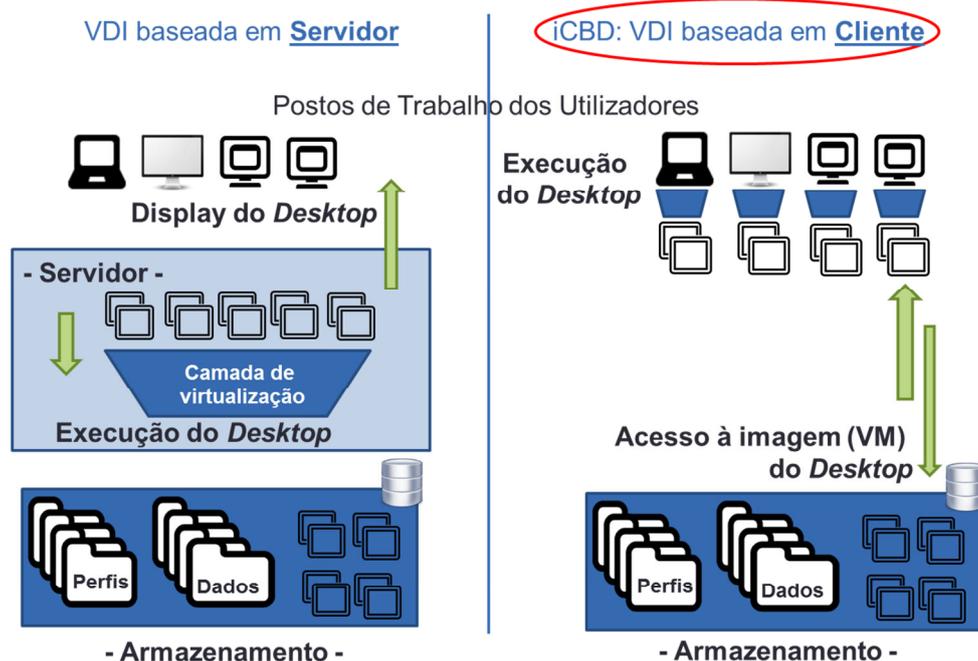


Fig. 1 - iCBD vs. VDI “clássica”: execução no posto do utilizador e não no servidor (adaptado de Alves, 2016).

A primeira razão pela qual as VDIs baseadas em servidores são onerosas reside no total desaproveitamento das capacidades de computação do posto de trabalho, que é usado apenas como interface ao desktop virtual que corre no servidor. Ora a maior parte das organizações tem sempre um investimento razoável em PCs e *laptops*, e a não utilização dos recursos computacionais destes dispositivos não faz, do ponto de vista económico, qualquer sentido.

A segunda razão para os custos elevados dessas VDIs decorre da primeira: sendo todo o trabalho computacional realizado nos servidores, e sendo elevado o custo computacional de desenhar um ecrã, e exibir *streams* multimédia, para que a experiência de utilização de uma VDI baseada em servidores não seja inferior à que é usual num posto de trabalho dedicado, os servidores são dotados de co-processadores do tipo GP-GPU (Dowty, 2009); ora tais aceleradores gráficos têm por vezes custos idênticos aos de um servidor comum, sendo que nesses ambientes é comum um servidor ter vários GPUs, o que eleva significativamente os custos de uma VDI “clássica” – i.e., baseada em servidores.

O presente documento está assim organizado: na próxima secção, faz-se uma breve introdução à arquitectura da iCBD, destacando os serviços mais importantes; na secção 3, aborda-se o tema do subsistema de armazenamento e aspectos de investigação com este

relacionados; em seguida, na secção 4, abordamos a forma como se desenrola o processo de arranque de um posto de trabalho (isto é, um cliente) iCBD – desde os momentos iniciais até ao instante em que o desktop está visível no ecrã, permitindo ao utilizador fazer *login*; a secção 5 trata dos aspectos de administração da plataforma; e finalmente, na secção 6 apresentam-se as conclusões e o trabalho futuro.

iCBD: INFRASTRUCTURE FOR CLIENT-BASED (VIRTUAL) DESKTOPS

A iCBD (*Infrastructure for Client-Based virtual Desktops*) caracteriza-se por uma abordagem inovadora: ao contrário de outras soluções (já retiradas do mercado) que também usavam os postos de trabalho, como o Citrix XenClient, e que na instalação destruíam (formatavam) o conteúdo do disco do posto de trabalho do utilizador, a iCBD preserva-o totalmente, porque executa, no posto de trabalho, o hipervisor por arranque remoto, mantendo apenas uma imagem em memória da VM. Passadas que foram as provas de conceito, a iCBD é já um protótipo funcional, suportado num *site* único, disponibilizando VMs Windows (7 e 10, mas em geral qualquer versão suportada pelo hipervisor), além de múltiplas distribuições de Linux.

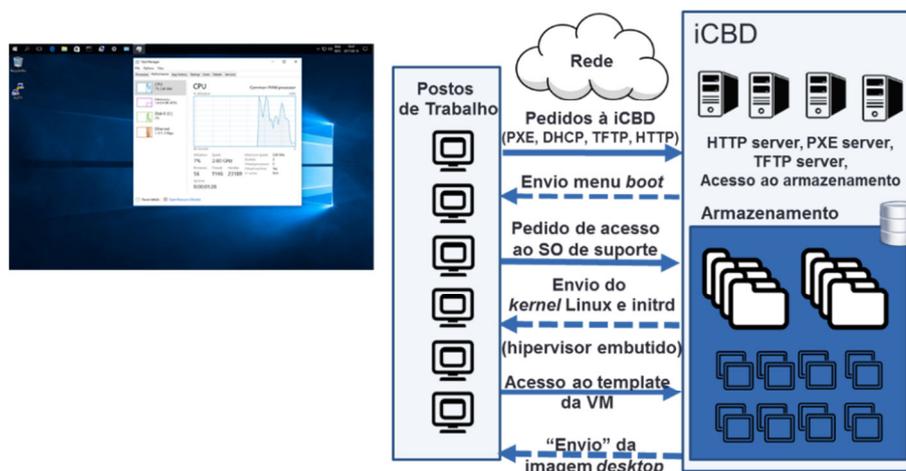


Fig. 2 - iCBD: Arquitectura e serviços (caso de execução de uma VM, adaptado de Alves, 2016).

A Figura 2 ilustra o caso mais vulgar, no qual um utilizador está a correr no seu PC uma VM Windows; contudo, o iCBD permite, exactamente pelo mesmo processo que são executadas VMs (contendo um qualquer sistema de operação *guest* suportado pelo hipervisor), executar também, nativamente no posto do utilizador, imagens Linux – novamente sem intrusão no conteúdo do disco local. Nesta primeira versão disponibilizam-se VMs não-persistentes; isto é, o utilizador corre no seu posto uma VM que, terminada a sessão de trabalho (ou em caso de falha), é destruída. Os dados do utilizador são guardados em sistemas de armazenamento em rede, geralmente do tipo NAS (Network Attached Storage) suportados em protocolos NFS ou CIFS (este último caso muito usado em organizações, onde é vulgarmente designado por “*drive* de rede” ou Microsoft *Share*).

ARMAZENAMENTO DE TEMPLATES E CRIAÇÃO DE INSTÂNCIAS DE VMS

Cada VM em execução (*desktop instance* – omitiremos a palavra virtual) num posto tem, como ponto de partida, uma imagem especial – o *template*, ou *golden image* – que é clonada para criar a instância. Sendo a imagem de uma VM tipicamente armazenada sob a forma de

um ficheiro que representa um disco (contendo não só um SO mas também um conjunto de aplicações, a imagem pode ter dimensões que facilmente chegam, no caso dos sistemas Windows, às várias dezenas de GB. Assim, a clonagem de um *template* para criar a instância privada (VM) que vai executada num posto tem de ser uma operação muito rápida – o que naturalmente não é possível se se recorrer à cópia integral do *template*. Nasce assim a ideia de usar cópias diferenciais, ou *linked-clones* (ou *snapshots*).

A criação de cópias diferenciais pode ser efectuada, ao nível de volumes, por dispositivos muito caros, como os armários de discos (*disk arrays*) da EMC, IBM, HP, etc., ao nível de ficheiros, pelos próprios hipervisores (Citrix, Microsoft, VMware, etc.) e até, muito recentemente, por *software* do “sistema de ficheiros”. Assim, no âmbito do projecto realizaram-se dois trabalhos de investigação, já concluídos, que se debruçaram sobre o sistema de armazenamento, tendo sido exploradas duas alternativas: uma usando o Ceph RADOS (Martins, 2016), um sistema de armazenamento de objectos (OBS - *Object-Based Storage*), e outra um sistema de ficheiros, o Btrfs (Alves, 2016). As duas linhas de investigação tiveram um desígnio comum: substituir os mecanismos de *snapshot* (Vaghani, 2010) dos hipervisores, que estão na base do suporte aos *thin-clones*, pelos mecanismos nativos de *snapshotting* do sistema de armazenamento; e avaliar os resultados.

Uma das traves mestras da plataforma iCBD é a integração de tecnologias existentes, *hardware* e *software*, de uso comum (COTS – *Common-Off-The-Shelf*) com nenhuma ou com um mínimo de modificações. Como resultado dos dois trabalhos provou-se que a criação de clones (de *templates*) baseada em mecanismos do subsistema de armazenamento (baseado em objectos ou em sistemas de ficheiros com suporte nativo para *snapshots*) para além de serem muito rápida, ocupa também muito pouco espaço, já que o clone inicial é uma estrutura de dados que, usando uma técnica *copy-on-write*, guarda apenas os blocos alterados na instância e, nos outros casos, aponta os originais. Em ambos os casos, Ceph e Btrfs, a integração da funcionalidade de *snapshotting* com o hipervisor é muito simples (Ceph) ou transparente a este (Btrfs).

POSTO DE TRABALHO iCBD: DO ARRANQUE AO LOGIN

Ao nível do processo de arranque, e até ao momento em que o utilizador começa a usar o seu *desktop* virtual, mais uma vez se conseguiu fazer o processo usando tecnologias com provas dadas há muitos anos, a saber: PXE (*Pre-boot eXecution Environment*), DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*), TFTP (*Trivial File Transfer Protocol*) e HTTP (*HyperText Transfer Protocol*). A Figura 3 apresenta uma súmula dos ecrãs mais importantes que o utilizador pode ver até ao momento em que o ecrã de login é apresentado.

Quando um utilizador usa um posto (registado na iCBD e preparado para efectuar o arranque via rede) e o liga, o PXE efectua um broadcast, o servidor DHCP responde com o endereço IP do posto, que carrega o ecrã de opções que se pode ver na Figura 3, em (a). Este ecrã permite ao utilizador escolher com que “imagem” (Windows, Linux nativo, Linux em VM) quer trabalhar.

Depois da escolha do utilizador o processo segue com a transferência por TFTP de um núcleo (*kernel*) Linux e respectiva imagem *initrd*, arranque do núcleo e execução de scripts, etc.. Este processo desenrola-se em várias fases, das quais algumas apresentam informação no ecrã, como a que se pode ver na Figura 3, em (b). Note-se que no caso geral é este sistema que vai suportar a execução de uma VM, pelo que o “disco de sistema” (a imagem) já tem o hipervisor. O iCBD suporta actualmente dois hipervisores: o KVM (software livre) e o VMware Player (software gratuito).

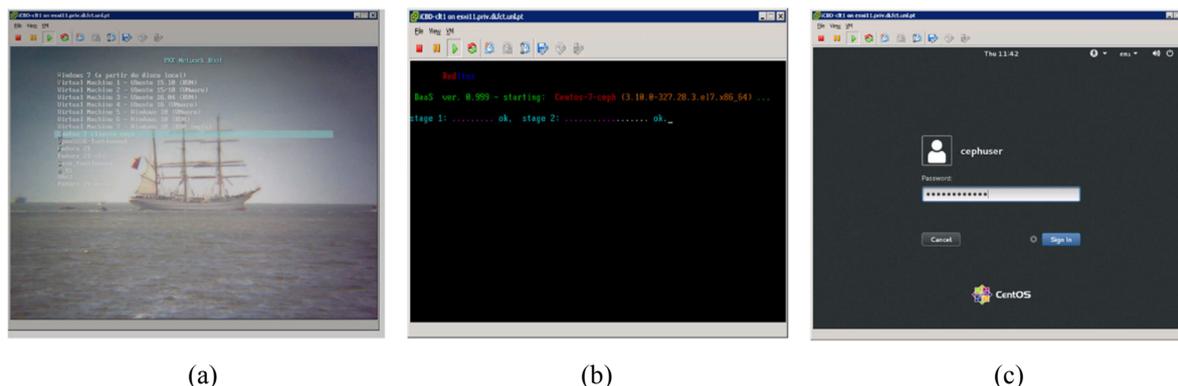


Fig. 3 - iCBD: Arquitectura e serviços (caso de execução de uma VM, adaptado de Alves, 2016).

Depois de ter terminado o arranque do sistema Linux que vai hospedar a VM o hipervisor embutido na imagem desencadeia a execução da VM. Mas, a imagem que é fornecida ao hipervisor é um *template*, logo (conceptualmente) é apenas acessível em leitura (*read-only*). Assim, de facto, não é essa a imagem que é fornecida ao hipervisor; esta é um *snapshot* (ou *linked clone*) do *template*, e esse *snapshot* é, naturalmente, fornecido sob a forma de um volume *read-write*. Finalmente, terminado o arranque da VM, esta apresenta-se como na Figura 3, (c).

iCBD: ADMINISTRAÇÃO DA PLATAFORMA

Na concepção da iCBD houve uma grande preocupação para conseguir que não só a utilização, mas também a administração fosse muito simples. Ao nível da administração, conseguiu-se essa simplicidade pois há apenas uma única entidade a administrar: o *template*. De facto, quer se trate de uma imagem para execução nativa ou virtual, de uma imagem com ou sem hipervisor embutido, a administração é efectuada sempre da mesma forma, e tendo por alvo um *template*. Repare-se que aqui o *template* é mais um conceito – imagem que não pode (deve) ser executada a não ser para administração da mesma – do que propriamente um objecto diferente (como é na VMware) que tem de ser convertido para VM para ser administrado (e depois novamente convertido em *template*).

Quando um administrador actualiza um *template*, por exemplo, fazendo actualizações (*patches*) ou instalando novo *software*, as novas sessões usam imediatamente o novo *template*, enquanto as sessões activas mantêm-se “ligadas” ao *template* anterior. O administrador pode, se o desejar, estabelecer “associações” entre postos de trabalho (ou utilizadores) e *templates* antigos, como forma de resolver problemas específicos de um produto software, questões de licenciamento, etc..

CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Neste momento, o protótipo iCBD está completamente funcional. No centro de investigação NOVA LINCS toda a infraestrutura de servidores representada na Figura 2 está realizada como uma única VM (*iCBDmainSrv*) que corre sobre um *cluster* de 3 servidores (dois HP e um Supermicro) suportados em VMware ESXi; na mesma infraestrutura foram criadas VMs que simulam os postos de trabalho físicos – foi dessas VMs que se obtiveram as imagens (*screenshots*) apresentadas. Do ponto de vista dos subsistemas de armazenamento, o volume Btrfs faz parte da *iCBDmainSrv*, ainda que o armazenamento seja externo e efectuado sobre

uma infraestrutura EMC ScaleIO acessível por Gigabit Ethernet. Já o armazenamento Ceph é todo ele realizado sobre VMs (com três Ceph I/O servers).

Ainda que não seja significativo fazer testes de desempenho numa infraestrutura virtualizada e na qual outros trabalhos estavam a correr, (Martins, 2016) obteve resultados que variaram entre um mínimo de 59s e um máximo de 1 min 20s para o arranque de um posto de trabalho (virtualizado em ESXi) sobre o qual corria uma VM CentOS 7 (virtualizada com KVM “em cima de” ESXi) – ou seja, em *nested-virtualization* (virtualização dupla).

Do ponto de vista da investigação há actualmente um trabalho em curso que explora a possibilidade de disponibilizar tolerância a faltas intra e inter-sites, usando replicação e *caching*, mas mantendo a necessária consistência. No que ao desenvolvimento se refere, estão para breve início os trabalhos de criação de interfaces de administração amigáveis (*user-friendly*) baseadas em *browser* e/ou aplicações gráficas.

Finalmente, espera-se ansiosamente a entrega de *hardware* dedicado, que permitirá fazer testes de desempenho e comparação com outras soluções, nomeadamente Citrix XenDesktop e, se possível, VMware View.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro concedido pelo POCI – P2020, através do financiamento plurianual do Projecto 11467 (iCBD: Infrastructure for Client-Based Desktops).

REFERÊNCIAS

- [1]-Agesen, Ole, et al. "The evolution of an x86 virtual machine monitor." ACM SIGOPS Operating Systems Review 44.4 (2010): 3-18.
- [2]-Barham, Paul, et al. "Xen and the art of virtualization." ACM SIGOPS Operating Systems Review. Vol. 37. No. 5. ACM, 2003.
- [3]-D. A. Dasilva, L. Liu, N. Bessis and Y. Zhan, "Enabling Green IT through Building a Virtual Desktop Infrastructure," 2012 Eighth International Conference on Semantics, Knowledge and Grids, Beijing, 2012, pp. 32-38. DOI:10.1109/SKG.2012.29.
- [4]-Micah Dowty and Jeremy Sugerman. 2009. GPU virtualization on VMware's hosted I/O architecture. ACM SIGOPS Operating Systems Review, Vol. 43. No. 3 (July 2009): 73-82. DOI:10.1145/1618525.1618534.
- [5]-Alves, Nuno. “Linked clones baseados em funcionalidades de snapshot do sistema de ficheiros”. Dissertação submetida para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Informática, FCT/NOVA, Dezembro 2016.
- [6]-Martins, Eduardo. “Object-Based Storage for the support of Linked-Clone Virtual Machines”. Dissertação submetida para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Informática, FCT/NOVA, Dezembro 2016.
- [7]-Vaghani, Satyam B. "Virtual Machine File System." ACM SIGOPS Operating Systems Review 44.4 (2010): 57-70.

ARTIGO REF: 6608

REFLEXÃO SOBRE A EXPERIÊNCIA NA IMPLEMENTAÇÃO DO ENSINO BASEADO EM PROJECTOS NO CURSO DE ENGENHARIA INFORMÁTICA

Tatiana Kovalenko, Vali Issufo, Ruben Manhiça^(*), Roxan Cadir

Departamento de Engenharia Electrotécnica, Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, Moçambique

^(*)*Email:* ruben.manhica@uem.mz

RESUMO

A Educação como um dos pilares para o desenvolvimento do país deve desenvolver um bom ambiente de ensino e aprendizagem para formar melhores profissionais nas diversas áreas humanas e científicas. Este artigo traz os impactos da implementação do ensino baseado em projectos no plano de estudos do curso de Engenharia Informática da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane. O trabalho iniciou com a formação de docentes, seguido de coordenação dos planos de estudo para que se pudesse fazer a devida integração nos objectivos do PBL (Project Based Learning) e a apresentação aos estudantes. A experiência de implementação do PBL em pequenos grupos de disciplinas mostra-se como uma prática com futuro, apesar das enormes dificuldades que esta prática tem mostrado em outras Faculdades e Escolas desta mesma Universidade.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho pretende explorar diversas práticas pedagógicas que deverão culminar com a adaptação e adopção do modelo PBL na Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane. O grande desafio consiste na criação de um instrumento não invasivo, isto é, que possa ser facilmente acomodado dentro do modelo de ensino em vigor. Para tal serão aventadas questões consideradas determinantes:

- Que práticas devem ser adoptadas no modelo PBL proposto?
- Quais os critérios a serem usados para a selecção das disciplinas que cumprem a característica interdisciplinaridade que define o PBL?
- Que métodos de avaliação se adequam a realidade da Faculdade de Engenharia da UEM?
- Como conciliar as exigências do PBL com a rotina académica em uso (carga horária, taxa de esforço, materiais)?

OBJECTIVOS E METODOLOGIA

O trabalho teve como objectivos:

Propor uma abordagem de implementação de Ensino Baseado Em Projectos como uma prática pedagógica viável dentro do paradigma do Ensino Centrado no Aluno.

Como forma de alcançar este objectivo, foram seguidos os seguintes passos:

- Definir e contextualizar o PBL dentro do cenário da Faculdade de Engenharia da UEM;
- Identificar as principais práticas curriculares a adoptar;
- Identificar os métodos de avaliação que se coadunem com os vigentes no sistema de ensino actual;
- Elaborar os instrumentos de ensino-aprendizagem objectivos para sustentar a implementação do PBL.

Para o alcance destes objectivos foi necessária a adopção de modelos de ensino e aprendizagem que estimulem a prática e a interacção multidisciplinar.

Foram seleccionadas para a primeira edição do PBL duas disciplinas que complementam-se na criação de um “produto” (software) com aplicação no mercado, ou seja, estas disciplinas juntas, permitem obter como resultado um entregável que permite consolidar não só o conhecimento de cada uma delas, como também os aspectos relacionados com as especificidades de interligação dos diversos elementos de complementaridade entre elas para formar um *software* funcional e usável no contexto real. Na Figura 1 apresenta-se a descrição das disciplinas seleccionadas.

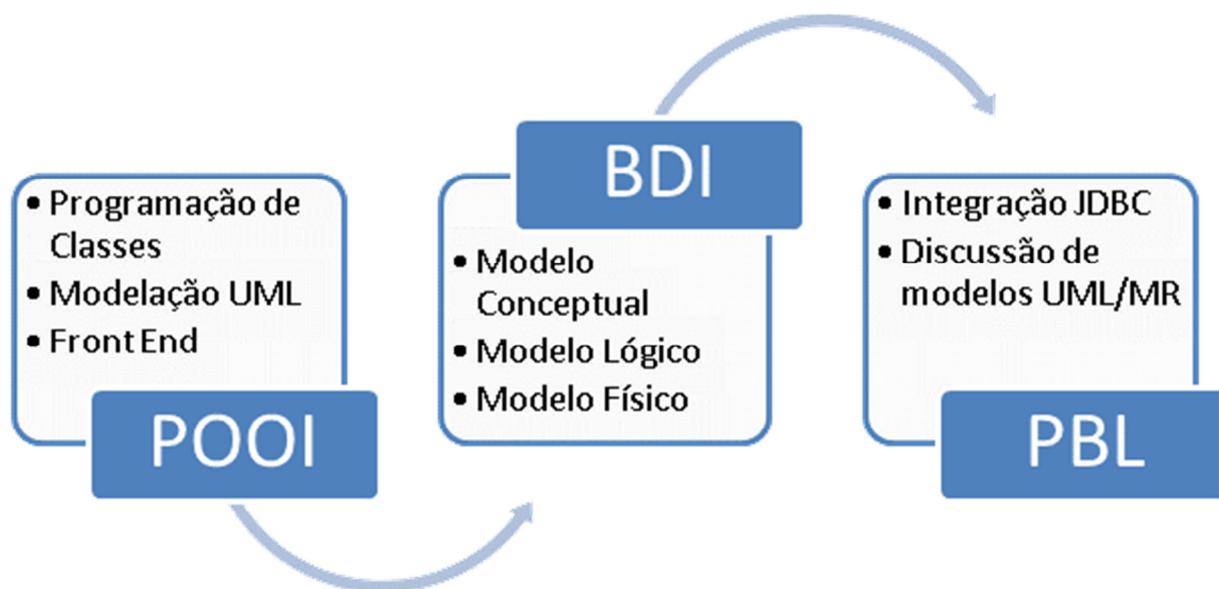


Fig. 1 – Descrição das disciplinas seleccionadas

CONCLUSÕES

Como conclusões deste trabalho foi possível observar que esta primeira experiência do PBL mostrou ser produtiva. No fim da experiência os estudantes participantes foram inqueridos e sentiu-se uma boa aceitação por parte destes. Dos estudantes inqueridos, 23% consideram o PBL uma forte motivação para estudar os temas das disciplinas e 28% destes acrescentam que o PBL permitiu-lhes desenvolver competências transversais que até então não puderam exercitar nas diversas disciplinas do curso.

A implementação do PBL no Departamento de Engenharia Electrotécnica apresentou várias dificuldades tanto para os estudantes assim como para os docentes. Estas dificuldades foram de várias ordens desde problemas básicos de logística, alguns estudantes não inscritos em todas as disciplinas envolvidas no PBL, disponibilidade e/ou falta de experiência dos tutores.

Outros desafios estão directamente relacionados com a formalização da carga horária do PBL no plano curricular do curso, uma mostra disso é que 65% dos estudantes apontaram como dificuldade o facto de o PBL exigir muito tempo de estudo fora do período de aulas e ainda 24% dos estudantes queixaram-se da fraca participação/disponibilidade dos tutores para orientar os grupos de trabalho.

Constatou-se uma maior motivação nos estudantes para os temas abrangidos pelo PBL passando cada um dos elementos das equipas a dedicar-se mais a todas as fases do projecto. Com o PBL os docentes das outras disciplinas também sentiram que as competências transversais dos estudantes estavam mais desenvolvidas.

Os métodos de avaliação implementados tiveram que ser adaptados às necessidades das disciplinas envolvidas devido às suas especificidades. Com a possibilidade de se acrescentar mais disciplinas, os métodos de avaliação deverão ser devidamente planificados.

Segundo os estudantes o PBL deve continuar, pois para 94% dos participantes esta metodologia deve ser adoptada como prática comum nos cursos de engenharia.

REFERÊNCIAS

[1]-Park, S.H., 2006. Impact of Problem-Based Learning (PBL) on teachers' beliefs regarding technology use. Thesis (Doctoral in Philosophy). West Lafayette: Faculty of Purdue University Faculty of Purdue University.

[2]-UCM, 2011. Educação Inovadora. [Online] Available at: www.ucm.ac.mz/cms/node/27 [Accessed 2 February 2015].

[3]-Universidade Stanford, 2011. Problem Based Learning. [Online] STANFORD UNIVERSITY NEWSLETTER ON TEACHING Available at: http://web.stanford.edu/dept/CTL/cgi-bin/docs/newsletter/problem_based_learning.pdf [Accessed 17 Janeiro 2015].

[4]-Araujo, M.P.d., Fregonesi, M.S.F.A., Soares, M.A. & Slomski, V.G., 2010. Aplicação do Método Problem-based Learning (PBL) no de Curso de Especialização em Controladoria e Finanças. [Online] PBL 2010 Congresso Internacional Available at: http://www.tcm.sp.gov.br/Escola/gpesquisa/vilma/ARTIGO_SOBRE_O_M%C3%89TODOLOGIAS_ATIVAS_-_PBL%20Artigo%209.pdf [Accessed 29 Janeiro 2015].

[5]-Escrivão Filho & Ribeiro, L.R.C., 2009. Aprendendo com PBL - aprendizagem baseada em problemas: relato de uma experiência em cursos de engenharia da EESC-USP. Revista Minerva, 6, pp.23-30.

[6]-Dong, W. & Graaff, E.d., 2009. Issues of implementing Problem Based Learning in an engineering curriculum. [Online] Available at: <http://www.sefi.be/wp-content/abstracts2009/Dong.pdf> [Accessed 25 Janeiro 2015].

[7]-Larmer, J., 2014. Project-Based Learning vs. Problem-Based Learning vs. X-BL. [Online] Available at: <http://www.edutopia.org/blog/pbl-vs-pbl-vs-xbl-john-larmer> [Accessed 28 Janeiro 2015].

[8]-MEC, 2011. Plano Tecnológico da Educação. Maputo: Ministério da Educação da República de Moçambique.

[9]-Ribeiro, L.R.d.C., 2008. APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS (PBL) NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA. Revista de Ensino de Engenharia, 27(2), pp.23-32. Available at: http://www.carlosmello.unifei.edu.br/Disciplinas/epr-201/Artigos%20Temas/PBL_2008.pdf.

ARTIGO REF: 6644

CONTRIBUIÇÃO DA USABILIDADE WEB E DOS DISPOSITIVOS MÓVEIS PARA A INCLUSÃO DIGITAL NOS PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO - UM OLHAR PARA O CASO DE MOÇAMBIQUE

Domingos Rhongo^{1(*)}, Ana de Almeida^{2,3}, Nuno David^{2,4}

¹Universidade Católica de Moçambique, Quelimane, 2400, Moçambique

²ISCTE-Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa, Portugal

³CISUC, Centro de Informática e Sistemas da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal

⁴DINAMIA/CET, Lisboa, Portugal

(*)*Email*: dominem2003@yahoo.com.br

RESUMO

A questão da interação humano-computador é um tema de relevância nos tempos atuais. O desenvolvimento de aplicações e serviços digitais requerem perceber como utilizar os dispositivos electrónicos e fazer uma gestão adequada da Web. Neste contexto, a importância da usabilidade dos serviços e aplicações digitais é da maior importância. É notório o rápido crescimento de engenharia e desenvolvimento de variedades de interfaces focados na preocupação de tornar cada vez mais fácil a interação entre os utilizadores e os sistemas digitais.

Com a evolução constante da Web e dos dispositivos electrónicos, bem como o seu papel integral e integrante na comunicação atual, o estudo da usabilidade tem contribuído para uma melhoria das interações, propondo varias técnicas e métodos de melhoria quer da acessibilidade, quer da qualidade de interação. Este é um fator que tem feito diferença em países em vias de desenvolvimento, na sua maioria, apresenta um baixo índice de alfabetização digital e, por conseguinte, a maior parte dos cidadãos, mesmo tendo ao seu dispor os recursos e a infraestrutura, sentem dificuldades na utilização de serviços digitais, nomeadamente através da utilização de dispositivos móveis e internet (IDEA, 2013).

Este estudo tem como objetivo primordial apresentar os resultados de uma avaliação de percepção de usabilidade e de dificuldades digitais, obtido através um questionário feito a uma população selecionada nas províncias de Cabo Delgado, Zambézia, e Sofala, representando uma distribuição ao centro e ao norte de Moçambique. A principal motivação desta pesquisa deve-se ao facto de as TICs servirem de veículo para ajudar na desburocratização e democratização de serviços em países em vias de desenvolvimento, e em particular, em Moçambique (Bruno; José, 2011). Sendo uma das formas de modernizar a governação e promover a competitividade nas Empresas provedoras de serviços públicos e privados na utilização efectiva dos serviços prestados, o e-Government, quando combinado com a sua usabilidade efectiva pode ser um exercício inovador. Segundo Mabila (2013), estão criadas as condições para um uso efectivo das TICs e do e-Government, visto que a rede de transmissão e todas ligações de telefones estão 100% digitalizadas e todas capitais Provinciais interligada por fibra óptica via marítima e terrestre (Mabila, 2013).

Depois de uma breve introdução à temática da usabilidade das interfaces dos dispositivos móveis e da Web para massificação da alfabetização digital, discutindo o conceito de usabilidade nas diferentes vertentes de interação humana, Web e, particularmente, no uso de

dispositivos móveis para a inclusão digital e divisão digital. Esta discussão será apresentada na perspectiva de uma conjuntura governamental com tendência para digitalização de serviços e discussão de leis para regulamentar as transacções electrónicas em Moçambique (Jornal Notícias, 2016; Matusse, 2013). De notar que será realçada a necessidade de formalizar métodos de avaliação de usabilidade, com realce para a necessidade de uma metodologia heurística, suas etapas na engenharia de usabilidade e quais os impactos esperados. Seguidamente, serão apresentados os principais resultados e conclusões retirados do acima referido questionário, que permite uma primeira caracterização das questões sobre a usabilidade Web e dos dispositivos móveis na utilização dos serviços electrónicos (e-government) em Moçambique.

REFERÊNCIAS

- [1]-Bruno, I.; José, D. M. Princípios e tecnologias Tema : Web 2. 0 aplicados na governação Princípios e tecnologias Web 2. 0 aplicados Estudo do Caso do Portal do Governo em Moçambique na governação em Moça. 2011.
- [2]-IDEA. Cartaz de Dados sobre a População. Moçambique, 2013. p. 2013, 2013.
- [3]-JORNAL NOTÍCIAS. POR CONSENSO: País já tem Lei das Transacções Electrónicas - Jornal Notícias. Disponível em: <<http://www.jornalnoticias.co.mz/index.php/politica/62348-por-consenso-pais-ja-tem-lei-das-transaccoes-electronicas.html>>.
- [4]-Mabila, F. what is happening in ICT in Mozambique. 2013.
- [5]-Matusse, R. História da Informática em Moçambique. CIEDIMA ed. Maputo.2013.

ARTIGO REF: 6661

PROTÓTIPO DE UM CANAL PARA ENSINO E PESQUISA EM FLUIDODINÂMICA UTILIZANDO SOLUÇÃO DE FLUORESCÉINA E ÁGUA COMO FLUIDO DE TRABALHO

Maria da Glória Braz^(*), Davi Moiseyev Dias da Costa, Daniel Lobato Bernardes, Guilherme Morelli Faria, Juliana Silva Gonçalves de Moura, Marco Túlio Cota Caldeira

Universidade Fumec, Faculdade de Engenharia e Arquitetura (FEA), Belo Horizonte, Brasil

^(*)*Email:* gloriabraz@fumec.br

RESUMO

A visualização do escoamento em perfis aerodinâmicos é utilizada para aferir os resultados obtidos pelos métodos numéricos, normalmente, resultados alcançados em softwares de simulação. Normalmente, o aspecto aerodinâmico é tratado com modelos reduzidos ensaiados em túneis de vento do tipo camada limite. Entretanto, o custo desse tipo de equipamento não permite que todos os cursos de engenharia tenham condições de adquiri-lo. O centro de Pesquisas em Mecânica dos Fluidos da NASA (NASA's Ames Research Center), em pesquisas recentes para a FIFA (Fédération Internationale de Football Association) testou a aerodinâmica do novo design da bola de futebol desenvolvida pela Adidas para a Copa do Mundo de Futebol no Brasil, denominada Brazuca, dentro de um canal, cujo fluido de trabalho adotado foi a água e a técnica de visualização das imagens através de tinta verde fluorescente dispersada no fluxo e realçada por luz negra. Esse trabalho visa construir um canal para estudos de aerodinâmica, utilizando solução de água e fluoriceína como fluido de trabalho e solução de fenolftaleína e amônia para visualização do comportamento fluidodinâmico. Dessa forma, os graduandos dos cursos de engenharia terão conhecimento profundo de como os fluidos escoam a volta de corpos de formas tridimensionais, como cilindros e esferas e, com este conhecimento, os engenheiros podem prever como até mesmo as pequenas alterações nestas formas básicas podem provocar mudanças bruscas nos padrões de fluxo.

INTRODUÇÃO

Um corpo de qualquer forma, quando imerso em um fluido em escoamento, fica sujeito a forças e momentos (Fox, 2001). Estas forças são três: o arrasto, que age numa direção paralela à direção da corrente livre, e duas forças de sustentação, que agem em direções ortogonais. A atuação destas forças nesse corpo causa momentos, cuja visualização é importante na compreensão desses fenômenos.

Conforme a teoria dos Regimes de Escoamentos, em escoamentos com velocidade baixa à volta de um corpo, o coeficiente de arrasto é função exclusivamente do número de Reynolds. Sendo o número de Reynolds definido em termos da velocidade da corrente livre (U), e do comprimento característico do corpo (L). Esta dimensão característica do corpo pode ser, tanto a dimensão transversal, como o comprimento do corpo, definido paralelamente à corrente livre.

Dessa forma, pode-se observar que a utilização de dados experimentais sobre arrasto ou outras forças exercidas pelo escoamento em corpos submersos implica no conhecimento das dimensões lineares e de áreas utilizadas na determinação do número de Reynolds do coeficiente de arrasto e de sustentação.

A determinação analítica ou numérica do escoamento no entorno de alguns corpos ainda é um desafio à teoria da mecânica dos fluidos, exceto em placas planas ou corpos muito delgados. Isto se deve ao fenômeno da separação do escoamento.

Nesse sentido, pode-se introduzir a teoria da camada limite para a determinação do ponto de separação do escoamento, mas, mesmo assim, não há definição suficiente da pressão na região de separação, pois esse ponto pode causar uma perturbação significativa no escoamento livre. Nestes casos, a teoria da camada limite pode ser aplicada somente se a distribuição de pressão no corpo for previamente conhecida, sendo usualmente determinada experimentalmente.

Em escoamentos subsônicos com número de Reynolds elevado, o arrasto de forma pode superar em várias ordens de grandeza o arrasto de atrito. Entretanto, não se pode generalizar, pois a proporção dependerá da forma do corpo, isto é, se ela favorecerá ou não a separação hidrodinâmica (White, 2010).

É usual que o aspecto aerodinâmico de vários corpos seja estudado em modelos reduzidos ensaiados em túneis de vento do tipo camada limite (JSME, 1988). No entanto, a implantação desse equipamento é muito onerosa e só permite a avaliação de escoamentos externos, não permitindo que todos os cursos de engenharia, a princípio, tenham condições de adquiri-lo e, também, de aproveitá-lo.

O centro de Pesquisas em Mecânica dos Fluidos da NASA (NASA's Ames Research Center), em pesquisas recentes para a FIFA (Fédération Internationale de Football Association) testou a aerodinâmica do novo design da bola de futebol desenvolvida pela Adidas para a Copa do Mundo de Futebol no Brasil, denominada Brazuca, dentro de um canal cujo fluido de trabalho adotado foi a água e tinta verde fluorescente dispersada no fluxo e realçada por luz negra, como técnica de visualização do comportamento das linhas de corrente, facilitando significativamente a captura de imagens..

Com base na experiência da NASA, o presente trabalho desenvolveu um canal que permite a compreensão e visualização de fenômenos reais à volta de corpos rígidos, sendo utilizada solução de água, fluoresceína e álcool como fluido de trabalho, associada ao emprego de incidência de luz negra.

Para a visualização do escoamento a volta dos corpos, empregou-se solução de fenolftaleína, água, álcool e amônia, cuja cor púrpura permitiu a visualização de escoamentos sobre perfis aerodinâmicos, de grande importância para o entendimento do comportamento físico das linhas de corrente e de emissão, objeto da Mecânica dos Fluidos.

OBJETIVOS

A visualização de escoamentos sobre perfis aerodinâmicos é de grande importância para o entendimento do comportamento físico das linhas de corrente e de emissão, objeto da Mecânica dos Fluidos, bem como na conferência e a calibração dos métodos numéricos aplicados ao escoamento dos fluidos.

O objetivo geral da pesquisa foi desenvolver o projeto e construir um canal à luz da experiência da NASA, e que possibilitasse a visualização dos fenômenos inerentes às

disciplinas afins de Mecânica dos Fluidos, com o fim de melhorar o entendimento e conhecimento dos futuros engenheiros e cujo fluido de trabalho fosse inerte, porém que apresentasse melhor visualização.

Com a utilização do canal, poderão ser elaboradas práticas sobre escoamentos externos à volta de corpos e perfis aerodinâmicos, além das que envolvem as diferenças de pressão; da ação da viscosidade; devido à tensão superficial; forças elásticas; forças de inércia; forças devido à atração gravitacional, para todas as disciplinas afins da Mecânica dos Fluidos.

METODOLOGIA

A escala básica para o canal foi a escala geométrica, que depende da característica a ser estudada e do espaço físico disponível para a sua implantação. Posteriormente à adoção do valor da escala geométrica, utilizou-se a semelhança dinâmica na determinação das outras escalas necessárias à condição de semelhança aos protótipos que se quis ensaiar.

O canal foi confeccionado em acrílico (com espessura da placa $e=5$ mm), nas dimensões de 3m de comprimento, 40cm de largura e 70cm de profundidade, sendo parte de um circuito hidráulico fechado, existente no laboratório didático de hidráulica. A figura 1 mostra o canal em seu primeiro teste de estanqueidade.



Fig. 1 - Canal Hidrodinâmico: 1º teste de estanqueidade

A alimentação do canal é feita através de um conjunto motobomba a partir de um reservatório, tendo sido montados, dentro do canal, os acessórios que provocam a difusão e controle do escoamento, a saber, o vertedouro e a placa difusora.

Esses acessórios foram executados artesanalmente, haja vista a constante experimentação para o bom funcionamento do canal, tendo-se como destaque, a furação da placa difusora do escoamento, cuja espessura $e=7$ mm.

A furação da placa difusora foi a etapa mais trabalhosa a ser executada, haja vista ter 2308 furos com diâmetros de 4,76 mm. Para a perfeita furação e espaçamento utilizou-se a fresa Router CNC e, após a execução dos furos, as rebarbas foram lixadas manualmente, evitando qualquer perturbação exacerbada que pudesse ocorrer no escoamento. A figura 2(a) apresenta a execução do lixamento das rebarbas, a figura 2(b) a vista da placa difusora em operação, dentro do canal e a figura 3 mostra, em detalhe, o enchimento do canal e a placa dos vertedouros triangulares.

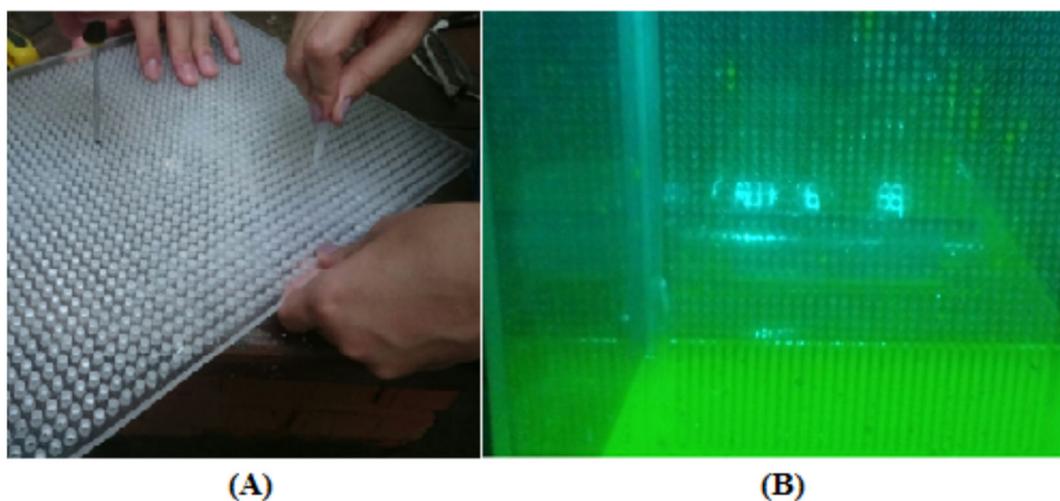


Fig. 2 - Placa difusora do escoamento:(A) Lixamento das rebarbas (B). Em operação

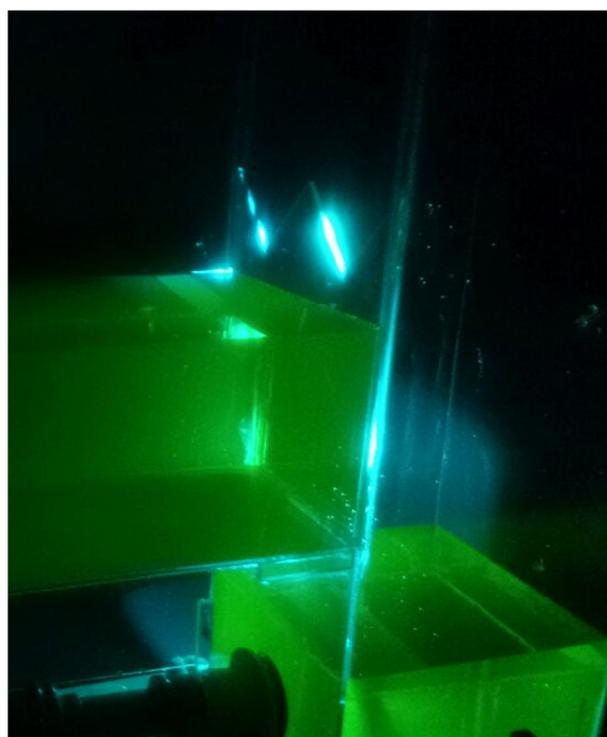


Fig. 3 - Enchimento do canal e a placa dos vertedouros triangulares.

RESULTADOS OBTIDOS/ANÁLISE DOS RESULTADOS

Conforme Vianna (2009), existem problemas de engenharia, mais precisamente nas áreas relativas aos escoamentos de fluidos que, dificilmente, são resolvidos aplicando-se exclusivamente análise teórica. Nesses casos, com frequência; empregam-se os estudos experimentais, realizados com base em modelos de escala.

A análise da semelhança é, sem dúvida, uma indicação de que dois fenômenos tem um mesmo comportamento. Na mecânica dos fluidos, o termo semelhança indica a relação entre dois escoamentos de diferentes dimensões, mas com semelhança das forças (.

Foram elaborados vários experimentos sobre escoamento externo em corpos rombudos (cilindros e esferas) no canal e observou-se que a utilização da solução de fluoresceína e álcool como fluido de trabalho e da fenolftaleína como solução indicadora das linhas de corrente, ambas associadas ao emprego de incidência de luz negra, foi extremamente significativa na visualização dos fenômenos, tendo em vista a referida substância indicadora desaparecer da massa fluida momentos após sua trajetória à volta dos corpos rombudos.

Ressalta-se, ainda, que a visualização do comportamento das linhas de corrente foi muito clara e, em vista do exposto, pode-se afirmar que o referido canal poderá ser utilizado, ainda, na visualização dos escoamentos em condutos, estruturas inseridas em escoamentos e máquinas hidráulicas.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Algumas experiências ainda serão elaboradas, tais como o escoamento externo em perfis aerodinâmicos, carros, arvores e edifícios, (em escala reduzida) dentro do canal e se verificará a influência do coeficiente de arrasto e sustentação sobre esses corpos.

Pode-se, então, concluir que com a construção do canal, as práticas e pesquisas da área de Mecânica dos Fluidos, de todas as engenharias da Faculdade, poderão ser ensaiadas, dentro de suas especificidades, utilizando-se a modelagem física dentro de fluidos.

Verificou-se, com base no exposto anteriormente, que a utilização de referido canal acarretou, para o meio acadêmico, vantagens tais como: econômicas (tempo e dinheiro); de conhecimento das propriedades dos fluidos (podem ser empregados fluidos diferentes dos fluidos de trabalho), podendo ser utilizado por todos os cursos de engenharia, sendo uma ferramenta laboratorial no ensino de graduação desses cursos.

Com base no exposto acima e tendo ciência que os estudos se iniciaram em agosto de 2016, pode-se dizer, em tão pouco tempo, que a pesquisa está obtendo sucesso.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro concedido pela FUNADESP, FAPEMIG e CNPQ, Brasil, através do financiamento à Faculdade de Engenharia e Arquitetura – FUMEC, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

REFERÊNCIAS

- [1]-Fox, R. e McDONALD, A.. Introdução à Mecânica dos Fluidos. Rio de Janeiro: LTC, 2001.
- [2]-JSME - Japan Society of Mechanical Engineers. Visualized Flow. Oxford; Pergamon Press, 1988.
- [3]-NASA. NASA Turns World Cup into Lesson in Aerodynamics - <http://www.nasa.gov/content/nasa-turns-world-cup-into-lesson-inaerodynamics> - acesso em 03/02016.
- [4]-Vianna, M. R., Mecânica dos Fluidos para Engenheiros. 5ª Ed. Nova Lima, Imprimatur, 2009.
- [5]-White, F.M. Mecânica dos Fluidos. 6ª Ed. Porto alegre: AMGH, 2010.

ARTIGO REF: 6777

LAT-LABORATÓRIO DE ALTA TENSÃO DA FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

António Machado e Moura^{1(*)}, Fábio Branco², Tomás Sapage²

¹Universidade do Porto, Depart. Eng^a Eletrotécnica (FEUP-DEEC) - Porto, Portugal

²Universidade do Porto, Depart. Eng^a Eletrotécnica (FEUP-LAT) - Porto, Portugal

(*)Email: mmoura@fe.up.pt

RESUMO

Como o propósito de fomentar a investigação na área dos ensaios elétricos de alta tensão, bem como apoiar a indústria na área dos sistemas elétricos de energia, surge a renovada instalação do Laboratório de Alta Tensão da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (LAT) inaugurada em 24 de maio de 2013, com uma área operacional de ensaios de aproximadamente de 147m² com 11m de altura para disposição dos equipamentos, e uma sala de operação/observação onde estes são comandados.

Atualmente o LAT está dotado com equipamentos de uso geral, utilizados nos ensaios de choque e à frequência industrial (cf. tabela 1). Quanto ao ensaio de choque, o LAT está equipado com um gerador de choque da marca Haefely tipo S, capaz de produzir uma onda de frente rápida normalizada com aproximadamente 1200kV. Os equipamentos destinados à realização de ensaios à frequência industrial caracterizam-se por um transformador elevador da marca Phenix Technologies, com uma razão de transformação que permite uma tensão de saída máxima de 600kV, com uma corrente de saída de alta tensão 0.5A aos 600kV e com elevada resistência a curto-circuitos.

Tabela 1 - Equipamentos afetos aos dois tipos de ensaios.

Ensaio ao Choque	Ensaio à Frequência Industrial
Gerador de Marx do tipo SGS 1200/36 com 12 andares	Transformador de Alta Tensão 600kV
Retificador de carregamento tipo LGR 100-15	Regulador Elevador
Divisor de tensão de impulso tipo CR 1200 kV	Divisor de Tensão CW 600
Módulo de controlo GC222	Unidade de controlo e medida
Sistema DIAS (Digital Impulse Analyser System) 730	-

Neste momento o LAT é capaz de ensaiar a rigidez dielétrica de vários equipamentos destinados a altas tensões, nomeadamente transformadores, cabos, disjuntores, isoladores, entre outros, além de determinar as características de resposta em descarregadores de sobretensões e para-raios.

De seguida é apresentado de uma forma muito resumida os esquemas de ensaio para um isolador de suporte (cf. Figura 1) e outro de uma cadeia de isoladores (cf. Figura 2), para verificação da capacidade de rigidez dielétrica à frequência industrial. Nos respetivos esquemas é possível ter uma ideia geral da disposição dos equipamentos na área operacional, assim como o sistema de terras (preto) e a alimentação da tensão do tubo que simula o barramento (vermelho). Nas figuras 1 e 2, é possível constatar que a estrutura de suporte e o

tubo que simula o barramento estão perpendiculares um ao outro, este facto permite que as linhas do campo elétrico fiquem mais afastadas, com o propósito de evitar o contornamento através da estrutura e tubo em vez do isolador. Estes ensaios são realizados de acordo com as normas IEC 60060-1, IEC 60168 e a IEC 60383.

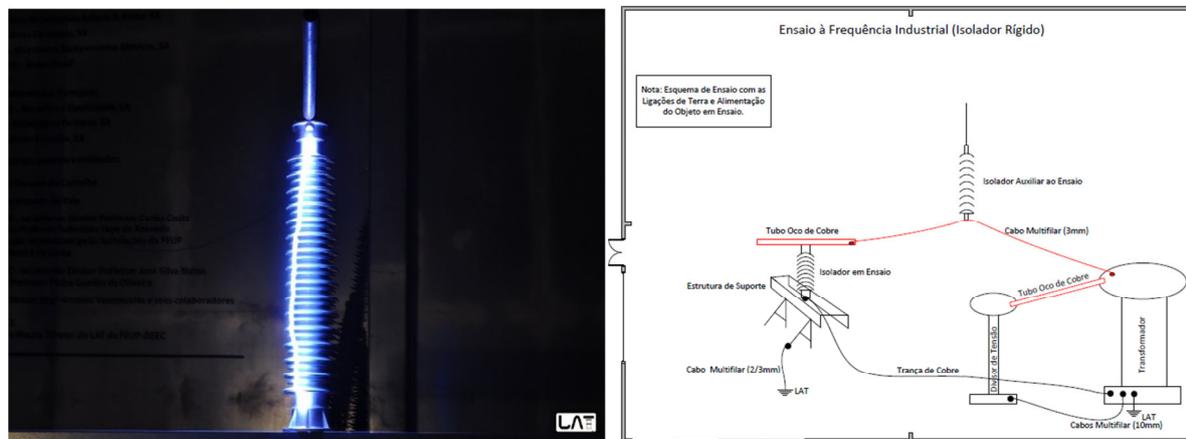


Fig. 1 - Contornamento num isolador de suporte e esquema simplificado de montagem do ensaio.

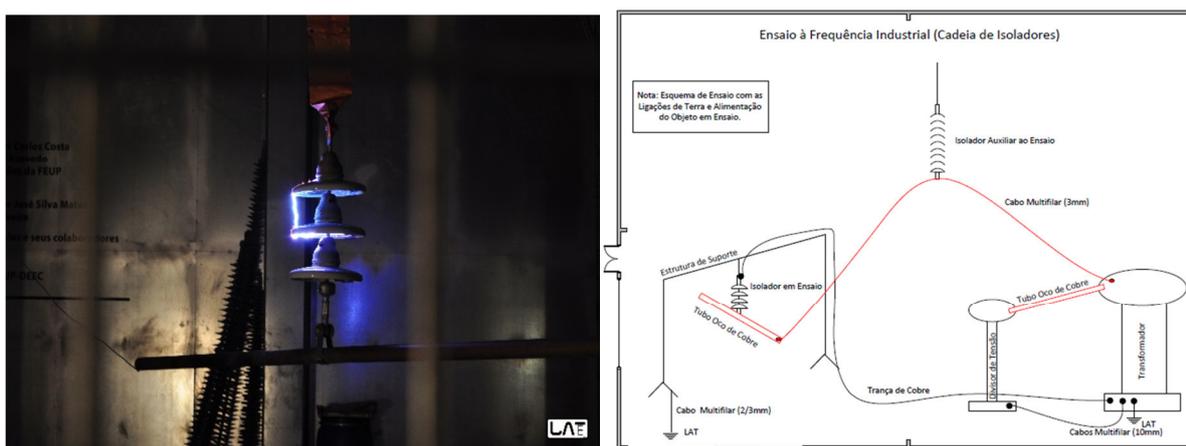


Fig. 2 - Contornamento numa cadeia de isoladores e esquema simplificado de montagem do ensaio.

Está em curso no LAT um processo de acreditação do laboratório, com o intuito de permitir à indústria um laboratório certificado onde seja possível certificar novos produtos desenvolvidos ou inspeções periódicas de equipamentos. Perspetiva-se ainda no primeiro semestre no corrente ano que o LAT possua a capacidade de realizar ensaios de aquecimento, através de um transformador de corrente com uma corrente de saída de 4000 A, expandindo o leque de opções na realização de novos ensaios.

REFERÊNCIAS

- [1]-IEC, “High-Voltage test techniques- Part 1: General definitions and test requirements”, IEC 60060-1, 2ª ed., 2005.
- [2]-IEC, “Tests on indoor and outdoor post insulators of ceramic material or glass for systems with nominal voltages greater than 1 000 V”, IEC 60168, 4.1ª ed., 2001.
- [3]-IEC, “Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000V - Part 1: Ceramic or glass insulator units for a.c. systems - Definitions, test methods and acceptance criteria”, IEC 60383, 4ª ed., 1993.

ARTIGO REF: 6862

ENERPHI, UMA PLATAFORMA WEB DE APOIO AO ENSINO DE MÉTODOS PARTICIPATIVOS

Carlos Bana e Costa^(*), Ana Vieira, Mónica D. Oliveira

Universidade de Lisboa, Centro de Estudo de Gestão do Instituto Superior Técnico (CEG-IST), Lisboa, Portugal

^(*)*Email:* carlosbana@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

O Instituto Superior Técnico (IST) é um parceiro estratégico para a Comunidade de Inovação e Conhecimento - KIC InnoEnergy, que pretende contribuir para um futuro energético sustentável na Europa, apoiando iniciativas para a excelência na educação, na promoção da inovação e no estímulo ao empreendedorismo (<https://ai.tecnico.ulisboa.pt/parcerias-internacionais/kic-innoenergy>). Neste âmbito, surgiu o projeto Enerphi, alinhado com o uso de novas abordagens e tecnologias no ensino universitário que promovam a auto-aprendizagem e novas linhas de investigação aplicada. O objecto do Enerphi é o ensino de processos participativos, na unidade curricular sobre Modelos de Apoio à Decisão do MEGE, Mestrado em Engenharia e Gestão da Energia (<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/cursos/mege/disciplina-curricular/1529008512545>).

Nesta unidade curricular ensinam-se modelos, processos e ferramentas para ajudar os futuros engenheiros a estruturar e conduzir processos de avaliação e alocação de recursos em contextos de Energia, tipicamente caracterizados pela presença de múltiplos atores, objetivos, incerteza e risco. Sendo essencial, neste âmbito, o recurso a abordagens participativas para envolver decisores, especialistas e stakeholders, em grupo, o Enerphi centrou-se, nesta primeira fase, no uso do método Delphi em ambiente web.

O Delphi é um método para estruturar o processo de comunicação no seio de um grupo para que este possa lidar de forma eficaz com um problema complexo, no pressuposto de que a opinião do grupo que resulta do processo é mais válida e confiável que a opiniões individuais de partida (cf. Linstone e Turoff, 2002 e Keeney, 2011).

Reconhecendo o interesse e relevância em potenciar o uso do Delphi com base em novas tecnologias, o projeto Enerphi permitiu adaptar a plataforma Welphi, que implementa o Delphi em base web (<http://www.welphi.com/>), dando origem à primeira versão da plataforma Enerphi, que permite aos alunos utilizar o Delphi por si próprios em processos participativos no contexto energético. Em parceria com a empresa WISEDON Lda que disponibilizou uma versão beta da Welphi foi também criada uma página de ajuda (<http://support.welphi.com/>) que inclui várias ferramentas, de estímulo à auto-aprendizagem, como vídeos tutoriais (Figura 1), perguntas frequentes e um fórum, e que será progressivamente enriquecida com a descrição de casos, com vista a melhorar a familiarização dos alunos o método Delphi.

Nesta comunicação é descrito o uso do Enerphi no ensino e é exemplificado o potencial com o caso de um aluno que utilizou a plataforma para aferir medidas de eficiência energética implementadas em hotéis, através de um processo participativo junto da comunidade hoteleira. O projeto Enerphi está agora a gerar interesse no uso de processos Delphi em projetos e dissertações do MEGE.

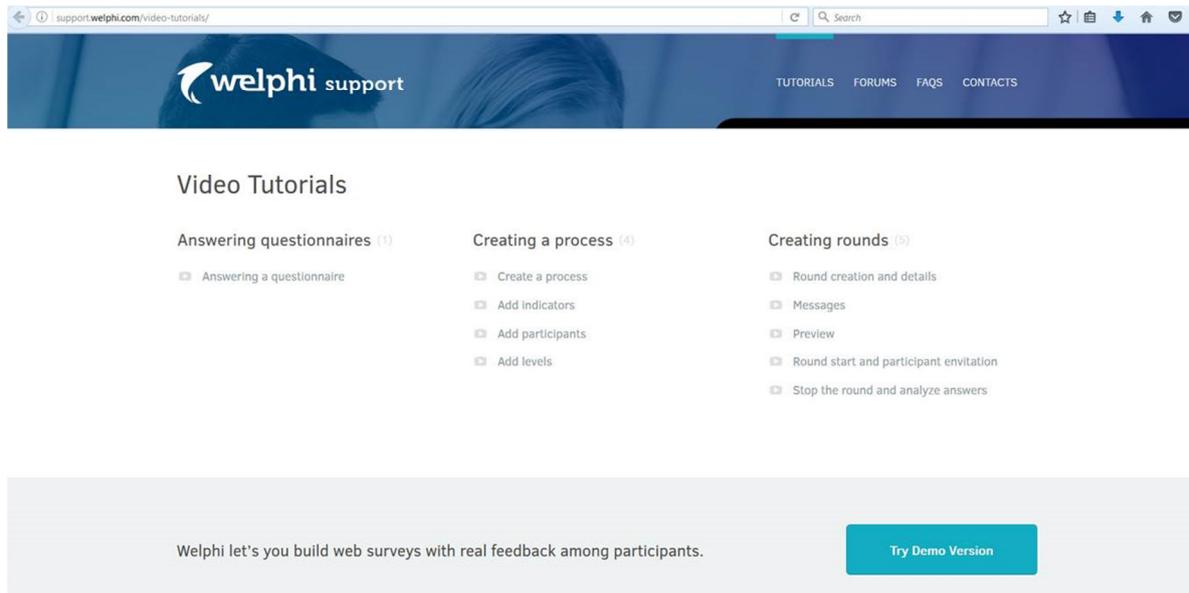


Fig. 1 - Plataforma de apoio ao Enerphi: seção dos tutoriais audiovisuais.

REFERÊNCIAS

[1]-Linstone, H.A. and M. Turoff, The Delphi method: Techniques and applications. (2002), Reading, MA: Addison-Wesley.

[2]-Keeney, S., F. Hasson, and H. McKenna, The Delphi technique in nursing and health research. (2011), Chichester: Wiley Blackwell.

ARTIGO REF: 6946

HISTÓRIA DA CIÊNCIA-TECNOLOGIA NUCLEAR: UMA DISCIPLINA DE PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA

Amir Zacarias Mesquita^(*), Rubens Martins Moreira

Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear/(CDTN;CNEN), Belo Horizonte, Brasil

^(*)*Email:* amir@cdtn.br

RESUMO

Este artigo descreve as atividades e as inovações efetivadas com a inserção da disciplina “História da Ciência-Tecnologia Nuclear”, uma disciplina da Área de Conhecimento em Ciências Humanas, na grade curricular de um programa de pós-graduação da Área de Engenharias II, o Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais, do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (PPG-CDTN). O CDTN é uma instituição de pesquisa da Comissão Nacional de Energia Nuclear e está localizada em Belo Horizonte. O curso possui mestrado e doutorado (*stricto sensu*) e abrange as áreas de ciência e engenharia de materiais, física e química da matéria condensada, física e biologia na saúde, geociências e tecnologia mineral, aplicações de técnicas nucleares e reatores nucleares. Com essa disciplina busca-se apresentar ao aluno um enfoque mais humanístico, político e social da evolução da ciência, principalmente, no campo da tecnologia nuclear. Pretende-se, assim, integrar à formação técnica do aluno de pós-graduação, uma visão crítica com valores e princípios que, possivelmente ele não teve na sua graduação.

Não só o engenheiro, mas também os profissionais de áreas do conhecimento, como: ciências exatas e da terra, ciências biológicas, ciências da saúde e ciências agrárias; devem desenvolver uma visão sistemática do mundo para reconhecerem que eles são agentes de transformação social. Assim, não basta dominar os conhecimentos empíricos, tecnológicos e científicos; deve-se, adicionalmente, saber aplicar esses conhecimentos de forma ética e humana. Os profissionais destas áreas devem estar comprometidos no desenvolvimento de suas tarefas com total responsabilidade social, seja qual for sua área de atuação. Particularmente, o engenheiro deverá ser capaz de criar mecanismos, produtos, processos e estruturas para poder transformar recursos naturais e não naturais para satisfazer as necessidades humanas. Um profissional deste ramo deve apresentar uma visão aberta, crítica, humanista, generalista e ecologicamente correta para poder absorver e desenvolver novas tecnologias com objetivo de solucionar os problemas em atendimento às demandas da sociedade [Silva Filho *et al.*, 2011].

A filosofia, sociologia e a história são de grande relevância e devem, cada vez mais, serem oferecidos como disciplinas nos cursos de engenharia, como elo entre as ciências exatas e o humanismo [Santos *et al.*, 2014]. Portanto, um programa de ensino multidisciplinar, como o do CDTN, para ser inovador, moderno e atual, não poderia prescindir desta matéria. Assim, foi proposto no início de 2014 ao Colegiado do PPG CDTN, a disciplina: História da Ciência - Tecnologia Nuclear, a ser adicionada à grade curricular. O Colegiado aprovou com o valor de 1 (um) crédito, com uma carga total de 15 horas e como uma disciplina optativa. Neste ano, a disciplina foi ministrada no 2o. semestre e mesmo valendo apenas 1 crédito ela foi ministrada com uma carga horária de 30 horas, devido ao grande interesse dos alunos e a abrangência dos temas apresentados. Foram cerca de 30 alunos neste primeiro ano. Em 2014

o Colegiado aprovou a aumento dos créditos para 2 (dois) e a disciplina foi fornecida, novamente, com grande interesse, inclusive com um aluno de outro programa de pós-graduação. Finalmente, este ano (2016) o Colegiado aumentou o valor dos créditos para 4 (quatro), com carga horária de 60 horas.

A disciplina está sendo ministrada em dois dias na semana sendo apresentada por dois docentes permanentes do Programa. Um deles possui graduação em engenharia elétrica, mestrado em tecnologia nuclear e doutorado em engenharia química. O outro docente possui graduação em engenharia química mestrado em tecnologia nuclear e doutorado em engenharia química. Mesmo tendo os instrutores formação em engenharia, estes profissionais, em suas trajetórias da vida, sempre tiveram grande interesse e sensibilidade por ciências humanas e sociais.

As aulas não se limitam a apresentar, apenas, os personagens e os fatos históricos ligados à ciência, mas também conceitos técnicos. Deste modo promove e facilita a compreensão das disciplinas obrigatórias que caracterizam o programa, como, física das radiações, proteção radiológica, geoquímica, radioquímica, radiologia, reatores nucleares, radiobiologia, etc. Estando em concordância com o estudo de Martins [2006]: “A história da ciência não pode substituir o ensino comum das ciências, mas pode complementá-lo de várias formas. O estudo adequado de alguns episódios históricos permite compreender as inter-relações entre ciência, tecnologia e sociedade, mostrando que a ciência não é uma coisa isolada de todas as outras, mas, sim faz parte de um desenvolvimento histórico, de uma cultura, de um mundo humano, sofrendo e influenciando por sua vez muitos aspectos da sociedade”. Essa humanização quebra o paradigma de que, ainda segundo MARTINS (2006), “a ciência é algo atemporal, que surge de forma mágica e que está à parte de outras atividades humanas”. Destaca-se aqui também a afirmação de Santos *et al.* [2014] “Um dos possíveis caminhos para a melhoria do ensino das disciplinas científicas está na utilização da História e Filosofia da Ciência, podendo ser empregada como conteúdo em si, e/ou como estratégia para o ensino. Ainda salientamos que outras perspectivas relacionadas ao ensino apontam também para uma abordagem que trate dos conhecimentos histórico-filosóficos dos conteúdos das disciplinas científicas de uma forma que articulem a tríade Ciência, Tecnologia e Sociedade”.

Uma das lições a ser aprendidas com a história das realizações científicas é que nem sempre as teorias sobrevivem para sempre. Muitas vezes quando as coisas parecem solidificadas, novas observações e novas ideias são substituídos por conceitos atualizados. Isso faz parte da aventura que é a ciência, parte da lenta conquista do enigma que é o mundo natural. É a longa batalha pela luz, em que o homem está empenhado desde os primeiros dias da mais antiga civilização [Colin, 1993].

REFERÊNCIAS

- [1]-Martins, R.A. Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino, organizado por C.C. Silva, C.C. Livraria da Física, São Paulo, 2006.
- [2]-Santos, S.B. *et al.* A disciplina de história da ciência e da técnica: contribuições para o ensino e a formação de professores de química. *Educación Química*, v. 25(1), 71-81, Universidad Nacional Autónoma de Mexico. 2014. DOI:10.1016/S0187-893X(14)70527-0.
- [3]-Silva Filho, N.G. *et al.*, A responsabilidade social na vida de um engenheiro. In: XXXIX Congresso Brasileiro de Ed. em Engenharia - COBENGE 2011. Blumenau. Anais... 2011.
- [4]-Colin A. R. História Ilustrada da Ciência - Universidade de Cambridge. Ed.; Círculo do Livro S.A. 1983.

ARTIGO REF: 6953

CONTRIBUTOS PARA O ENSINO SUPERIOR EM MOÇAMBIQUE: OS DESAFIOS DA ERA DIGITAL

Gabriel I. Salimo^{1(*)}, Luís Borges Gouveia²

¹Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Engenharia, Maputo, Moçambique

²UFP, Maputo, Moçambique

(*)*Email*: mansursalimo@gmail.com

RESUMO

O Objectivo deste artigo é de apresentação de dados para uma reflexão em torno do uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) nos processos que constituem a organização, gestão e construção do conhecimento nas Instituições do Ensino Superior (IES) em Moçambique. Apresenta-se aqui informação resultante de estudos e publicações relativas ao impacto das TICs na Educação em Moçambique e outros Países assim como experiências próprias, do primeiro autor, vividas enquanto docente e gestor em Universidades Moçambicanas e estudante em Universidades de outros Países. É pretendido contribuir para a criação de uma base documental e de análise do Ensino Superior moçambicano na era digital, que influencie na concepção de soluções baseadas no uso de tecnologias que auxiliam a uma gestão institucional integra, coesa, transparente e eficaz. Estas soluções devem contribuir de forma direta ou indireta para o incremento da qualidade de ensino, facilitando ao Ensino Superior em moçambique a integração e exploração das tecnologias (digital) e um melhor acolhimento da nova geração de alunos, que se apresenta cada vez mais digital.

O estudo apresenta os dados estatísticos de 2014 do INE para mostrar o número de alunos (finalistas do ensino secundário e potenciais candidatos ao ensino superior, a capacidade de ingresso das IES existentes) assim a pirâmide etária de moçambique (dados de recenseamento da população de 2014, INE) para mostrar os desafios do ingresso no ensino superior: a população moçambicana é de mais de 50% com idade abaixo de 19 anos ($\geq 12.521.000$ tem idade de ingresso/frequência do ensino superior) e o número de alunos pré-universitários (finalista do secundário geral + técnico é de ≥ 156.789) e a capacidade de ingresso das IES moçambicanas (é de ≤ 44.521). O estudo resume o histórico do ensino superior moçambicano de 1975 (ano da independência) até a data e apresenta a lista das IES. O estudo faz referência às dificuldades de operacionalização dos compromissos políticos do governo moçambicano assumidos através do PEES 2012 que tem o desafio da consolidação do sistema (ensino superior), tendo em conta as reformas iniciadas, garantindo a sua eficácia, equilíbrio e sustentabilidade assim como um maior foco no papel da melhoria da qualidade de ensino e da investigação como motor essencial no desenvolvimento científico e tecnológico, por um lado, e do país, em geral; e identifica seis áreas estratégicas: 1. Qualidade expansão e acesso, 2. Gestão e democraticidade, 3. Financiamento e infra-estruturas, 4. Governação, regulação e fiscalização, 5. Ensino, investigação e serviços e acções transversais, e 6. Internacionalização e integração regional; pois o subsistema de ensino tem de fazer face não só aos desafios de desenvolvimento do país como também aos seus próprios desafios de expansão e de consolidação. O estudo termina apresentado as oportunidades do digital com referências aos aspectos particulares do contexto moçambicano como os exames de admissão e o ensino a distância. Por último, aponta para a necessidade de que para o melhor aproveitamento do

digital as IES deve existir um Plano de Introdução das TIC's que seja parte integrante das estratégias e da programação geral da IES, em que para todos os desafios desafio das IES se criem capacidades individuais ou conjuntas para responder às dificuldades. Sugere-se igualmente os seguintes três passos para concretizar em acção, o estudo realizado: 1. Deve ser assumidos os factos como sendo problemas identificados; 2. Desenhar modelos de solução com base nos recursos e ciência disponíveis; e 3. Validar e implementar as soluções.

INTRODUÇÃO

O estudo apresenta um conjunto de situações de constrangimento nos processos que constituem a organização, gestão e construção do conhecimento nas Instituições do Ensino Superior (IES) em Moçambique que, considerando a era Digital em que vivemos, estes constrangimentos podem ser minimizados ou mesmo solucionados com a implementação efectiva das TICs. Espera-se que estudo possa contribuir para criar uma base documental e de análise do Ensino Superior moçambicano na era digital, com objectivos de servir de referência ou base de início para outros estudos assim como o desenvolvimento de modelos de solução dos desafios que as IES moçambicanas estão sujeitas na actual era digital.

Na sociedade actual a implementação das TICs é uma condição inevitável. As TIC's tem um impacto significativo em todos os processos da sociedade, aonde a escola não é uma exceção. O perfil das novas gerações se modificou e exige mudanças; as estratégias de acesso ao conhecimento mudaram, pois por força das TICs vivemos numa nova fase da sociedade rica em informação e de complexidade crescente, acessível e disponível a qualquer hora e em qualquer lugar. A escola, portanto, precisa de se preparar para entender e se adaptar a essa realidade, os professores também devem refletir suas práticas pedagógicas, ensinando o aluno a aprender por meio de ações continuadas, não restringindo à sala de aula tradicional, assim como os restantes processos complementares de apoio ao ensino e extra curriculares que compreendem as acções da escola executadas por outros funcionários devem também estar a altura de acompanhar esta nova sociedade [Ramos, 2014].

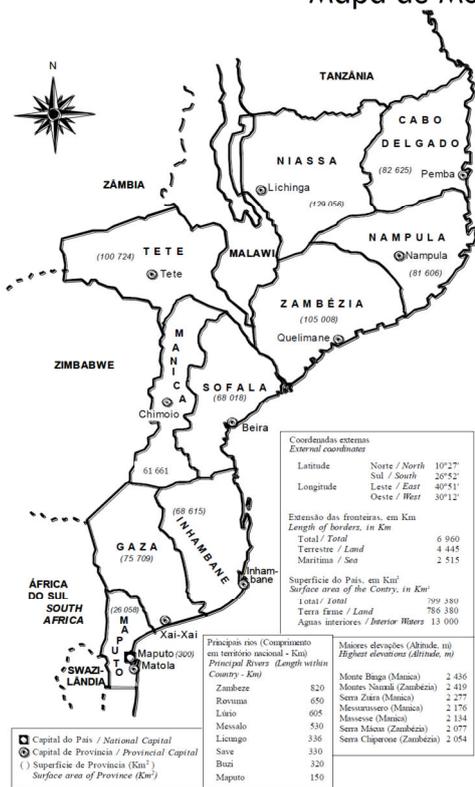
Para alcançar este objetivo, o primeiro autor recorre a estudos e publicações relativas ao impacto das TICs na Educação em Moçambique e outros Países assim como experiências próprias vividas como docente e gestor em Universidades Moçambicanas e estudante em Universidades de outros Países (Zimbabwe, Australia, Portugal). A atenção do presente estudo é focada nas soluções baseadas no uso de tecnologias que auxiliam a uma gestão institucional integra, coesa, transparente e eficaz, soluções estas podem contribuir de forma direta ou indiretamente para a qualidade ensino facilitando ao Ensino Superior em moçambique a sua integração na exploração do actual desenvolvimento das tecnologias (digital) e um melhor acolhimento da nova geração (de professores, alunos e funcionários) que se apresenta cada vez mais digital.

Moçambique

Moçambique, conhecido oficialmente como **República de Moçambique**, é um País localizado na costa sudeste da África, com uma extensão territorial de 799.380 km², limitado pela Tanzânia (ao norte), Malawi (a noroeste), Zâmbia e Zimbabwe (a oeste), África do Sul e Suazilândia (a sudoeste), além de ser banhado pelo oceano Índico (a leste). A capital é a Cidade de Maputo, administrativamente tem 11 províncias.



Mapa de Moçambique em África



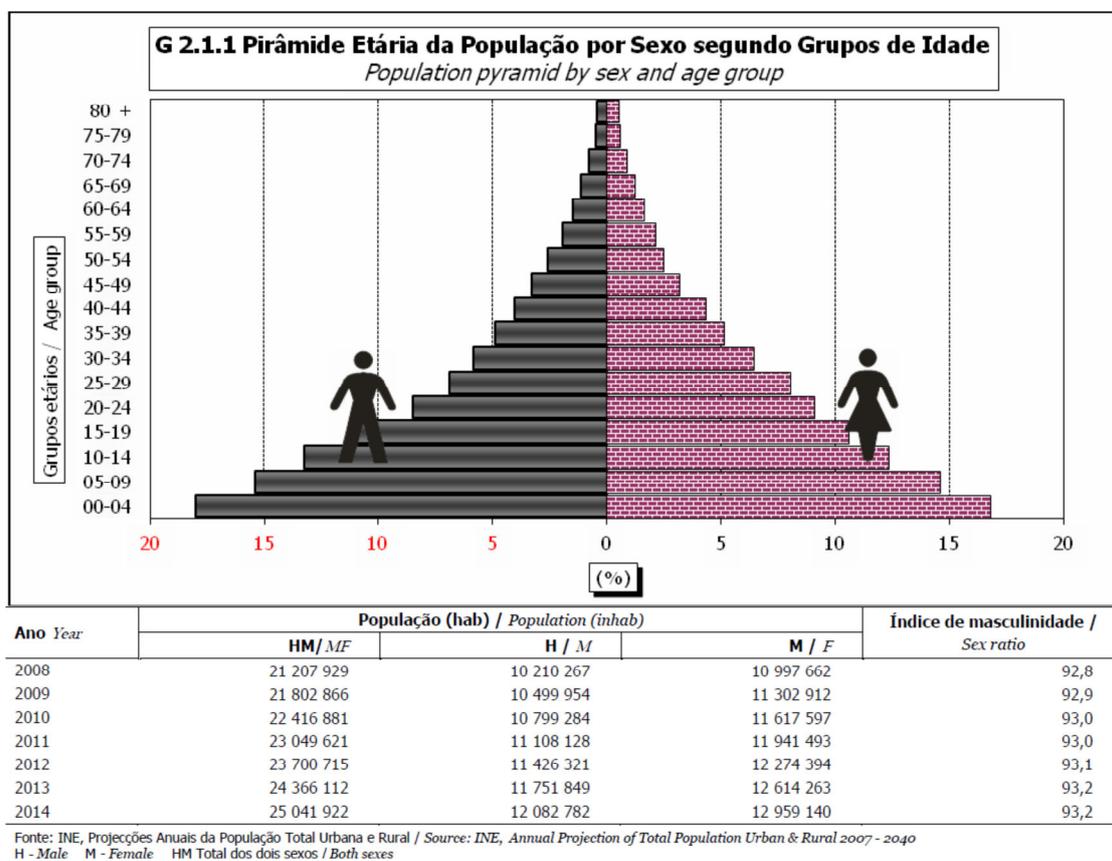
- Data da Independência.....
- Área.....
- População.....
- Densidade ...Populacional.....
- Taxa de crescimento ...da população.....
- População urbana.....
- Cidade Capital e população.... (em milhares de habitantes)
- Língua oficial.....

Português

Código do Indicativo	+258
Moeda	Metical (MZM)
Taxa de analfabetismo	49,9 %
Esperança de vida ao nascer	53,5 anos
Taxa de natalidade	39,9 (per 1000)
Taxa de mortalidade	12,7 (per 1000)
Mortalidade infantil	80,9 (per 1000)

Fonte: INE (2015)

Moçambique tem uma pirâmide etária que apresenta aproximadamente 50% da população com idades até 19 anos (cerca de 12.521.000 pessoas).



Fonte: INE (2015)

Ensino Superior

Desde à Independência de Moçambique em 1975, que o ensino superior era estatal, foi com a revisão da Constituição em 1990, que surge a primeira Lei sobre o Ensino Superior n.º 1/93, de 24 de Junho, que permitia a criação de instituições de ensino superior privadas. E em resultado da complexidade que se gera na gestão do Ensino Superior, surge a necessidade de se proceder à alteração da Lei n.º 1/93 e, em sua substituição cria-se a Lei n.º 5/2003, de 21 de Janeiro, que em matéria de regulamentação visou, entre outros aspetos, o Controlo da Qualidade. Assim, em resposta aos constantes desafios pela governabilidade do sector, cria-se a Lei n.º 27/2009, de 29 de Setembro – Lei do ensino Superior. Nos últimos 10 anos foram também aprovados e iniciado o processo da implementação um conjunto fundamental de instrumentos para a visão e regulamentação do Ensino Superior: o Sistema Nacional de Avaliação, Acreditação e Garantia de Qualidade do Ensino Superior, Decreto n.º 63/2007, o Regulamento do Quadro Nacional de Qualificações do Ensino Superior, Decreto n.º 30/2010, o Sistema Nacional de Acumulação e Transferência de Créditos Académicos, Decreto n.º 32/2010, o Regulamento do Conselho Nacional de Ensino Superior, Decreto n.º 29/2010, o Regulamento de Licenciamento e Funcionamento das Instituições de Ensino Superior, Decreto n.º 48/2010, e o Regulamento de Inspeção às Instituições de Ensino Superior, Decreto n.º 27/2011 (MINEDH, 2012).

O ensino superior teve um crescimento exponencial de instituições de ensino superior e a sua respetiva população, no país, nos últimos 10 anos (2001-2011) com o número das IES a crescerem de 9 em 2000 para 42 em 2011. Neste sentido, passou-se de uma única instituição de ensino superior, a Universidade Eduardo Mondlane (UEM), com cerca de 2.433 alunos, para 42 IES, com cerca de 120 mil alunos, em 2011. Este crescimento numérico coloca desafios à qualidade do ensino e ao funcionamento das instituições de ensino dos diferentes níveis (MCTESTP, 2012).

Instituições de Ensino Superior em Moçambique

Moçambique tem um total de 49 IES (18 públicas e 31 privadas). Existem em moçambique 4 Universidades, 6 Institutos, 4 ISP, 2 Escolas e 2 Academias públicas e 10 Universidades, 19 Institutos e 2 Escolas privadas. Em seguida se apresentam as IES divididas entre as públicas e privadas, e listadas por ordem crescente do ano da sua criação:

Públicas

Nº Designação	Ano de Criação
1. Universidade Eduardo Mondlane	(UEM) 1962
2. Universidade Pedagógica	(UP) 1985
3. Instituto Superior de Relações Internacionais	(ISRI) 1986
4. Academia de Ciências Policiais	(ACIPOL) 1999
5. Academia Militar	(AM) 2003
6. Instituto Superior de Ciências de Saúde	(ISCISA) 2003
7. Escola Superior de Ciências Náuticas	(ESCN) 2004
8. Instituto Superior da Administração Pública	(ISAP) 2005
9. Instituto Superior de Contabilidade e Auditoria de Moçambique	(ISCAM) 2005
10. Instituto Superior Politécnico de Gaza	(ISPG) 2005
11. Instituto Superior Politécnico de Manica	(ISPM) 2005
12. Instituto Superior Politécnico de Tete	(ISPT) 2005
13. Universidade Lúrio	(UniLúrio) 2006
14. Universidade Zambeze	(UniZambeze) 2006
15. Escola Superior de Jornalismo	(ESJ) 2008
16. Instituto Superior de Artes e Cultura	(ISArC) 2008
17. Instituto Superior Politécnico de Songo	(ISPS) 2008
18. Instituto Superior de Estudos de Defesa, Armando Emilio Guebuza	(ISEDEF) 2011

Privadas

Nº	Designação	Ano de Criação
1.	Universidade Católica de Moçambique	(UCM) 1995
2.	Universidade Politécnica	(A POLITÉCNICA) 1995
3.	Instituto Superior de Ciência e Tecnologias de Moçambique	(ISCTEM) 1996
4.	Universidade Mussa Bin Bique	(UMB) 1998
5.	Instituto Superior de Transportes e Comunicações	(ISUTC) 1999
6.	Universidade Técnica de Moçambique	(UDM) 2002
7.	Universidade São Tomás de Moçambique	(USTM) 2004
8.	Universidade Jean Piaget de Moçambique	(UJPM) 2004
9.	Instituto Superior de Educação e Tecnologia	(ISET) 2005
10.	Instituto Superior Cristão	(ISC) 2005
11.	Escola Superior de Economia e Gestão	(ESEG) 2004
12.	Instituto Superior de Formação, Investigação e Ciência	(ISFIC) 2005
13.	Instituto Superior Dom Bosco	(ISDB) 2006
14.	Instituto Superior de Tecnologia e Gestão	(ISTEG) 2008
15.	Instituto Superior Monitor	(ISM) 2008
16.	Instituto Superior de Comunicação e Imagem de Moçambique	(ISCIM) 2008
17.	Universidade do Índico	(UnI) 2008
18.	Instituto Superior Maria Mãe de África	(ISMMA) 2008
19.	Instituto Superior de Gestão, Comércio e Finanças	(ISGECOF) 2009
20.	Instituto Superior de Ciência e Tecnologia Alberto Chipande	(ISCTAC) 2009
21.	Instituto Superior de Ciência e Gestão	(INSCIG) 2009
22.	Instituto Superior de Gestão de Negócios	(ISGN) 2011
23.	Universidade adventista de Moçambique	(UAM) 2011
24.	Universidade Nachingweia	(UNA) 2011
25.	Instituto Superior de Estudos de Desenvolvimento Local	(ISEDEL) 2012
26.	Instituto Superior Mutasa	(ISMU) 2012
27.	Escola Superior de Gestão Corporativa e Social	(ESGCS) 2013
28.	Instituto Superior de Ensino à Distância	(ISEAD) 2014
29.	Instituto Superior de Ciências e Educação à Distância	(ISCED) 2014
30.	Instituto Superior de Gestão e Empreendedorismo Gwaza-Muthini	(ISGE-GM) 2014
31.	Universidade Metodista Unida de Moçambique	(UMUM) 2014

Ensino público diurno, segundo níveis (2010 -2014)

Descrição / Description		Nível de ensino / Level of education							Total
		Primário / Primary		Secundário / Secondary		Técnico / Technical			
		1º Grau/ 1st level 1 - 5	2º Grau/ 2nd level 6 - 7	1º Cic./1st cyc. 8 - 10	2º Cic./ 2nd cyc. 11 - 12	Elementar / Elementary	Básico / Basic	Médio / Mid-level	
Escolas Públicas / Public schools									
2010		10 444	2 990	374	119	36	27	19	82
2011		10 800	3 524	412	139	41	27	18	86
2012		11 164	4 068	446	156	44	26	18	88
2013		11 457	4 587	458	174	46	26	22	94
2014		11 742	5 086	470	185	..	81	51	132
Alunos matriculados/Enrolment									
2010	M	2 084 366	366 730	214 646	37 943	1 865	7 126	1 373	10 364
	HM	4 385 557	804 044	473 308	90 342	6 318	20 507	5 691	32 516
2011	M	2 086 126	362 426	233 346	43 146	2 325	5 945	1 803	10 073
	HM	4 373 183	792 679	501 845	96 614	7 662	17 123	6 258	31 043
2012	M	2 142 841	361 350	239 932	46 437	2 368	5 357	2 015	9 740
	HM	4 492 321	783 661	508 836	101 769	7 871	15 368	6 406	29 645
2013	M	2 220 748	362 837	249 543	49 834	2 722	4 765	2 801	10 288
	HM	4 651 667	782 862	522 569	107 381	9 496	14 263	8 047	31 806
2014	M	2 289 989	369 574	253 941	58 372	..	8 460	13 219	21 679
	HM	4 784 007	793 485	528 536	123 249	..	25 514	33 540	59 054
Professores existentes / Teachers									
2010	M	27 564	6 631	1 941	496				Total b/ 328
	HM	66 160	21 590	10 454	2 890				1 932
2011	M	30 383	6 867	2 128	593				455
	HM	69 522	22 641	11 190	3 403				2 309
2012	M	32 064	6 777	2 380	688				353
	HM	71 694	23 494	12 309	3 778				1 815
2013	M	33 639	6 759	2 750	906				440
	HM	74 331	24 223	13 387	4 427				2 152
2014	M	35 346	6 898	3 002	939				885
	HM	76 572	24 549	13 861	4 886				4 124
Relação média alunos/professor / Students/teacher ratio									
2010	HM	66	37	45	31				17
2011	HM	63	35	45	28				13
2012	HM	63	33	41	27				16
2013	HM	63	32	39	24				15
2014	HM	62	32	38	25				14

Fonte: Ministério da Educação e Desenvolvimento Humano para 2010-2013 e Ministério de Ciência e Tecnologia, Ensino Superior e Técnico Profissional para 2014 /
Source: Ministry of Education and Human Development for 2010 - 2013 and Ministry of Science and Technology, High Education and Technical-professional for 2014

a/ A classificação utilizada corresponde ao actual Sistema Nacional de Educação / Classification used by the National Education system

b/ Ensino técnico, é somatório do ensino Médio, Básico e Elementar / Technical education is the sum of the Middle, Basic and Elementary Education;

Informação do quadro expõe o número total de alunos que terminam o ensino pré-
universitário (12ª classe/finalistas dos Institutos médios)

Novos Ingressos, por sexo, segundo área científica (2013-2014)

Área científica / Area of study	Estudantes / Students*					
	2013			2014		
	Mulheres / Female	Homens / Male	Total	Mulheres / Female	Homens / Male	Total
Públicas / Public						
Educação / Education	4 623	3 820	8 443	3 039	4 653	7 692
Letras e Humanidades / Arts and Humanities	367	451	818	338	515	853
Ciências sociais, gestão, direito / Social sciences, management, law	4 265	4 709	8 974	4 368	4 436	8 804
Ciências naturais / Natural sciences	342	1 096	1 438	380	1 089	1 469
Engenharias, Indústrias e Construção / Engineering, Industry and Construction	283	1 585	1 868	346	1 655	2 001
Agricultura / Agriculture	299	642	941	750	695	1 445
Saúde e bem-estar / Health and welfare	249	330	579	223	495	718
Serviços / Services	156	495	651	9	15	24
Áreas não especificadas / Unspecified areas						
Sub-total	10 584	13 128	23 712	9 821	14 200	24 021
Privadas / Private						
Educação / Education	233	226	459	1 223	1 881	3 104
Letras e Humanidades / Arts and Humanities	170	426	596	79	88	167
Ciências sociais, gestão, direito / Social sciences, management, law	5 311	4 418	9 729	7 632	5 758	13 390
Ciências naturais / Natural sciences	9	38	47	232	768	1 000
Engenharias, Indústrias e Construção / Engineering, Industry and Construction	339	768	1 107	334	954	1 288
Agricultura / Agriculture	40	70	110	869	459	1 328
Saúde e bem-estar / Health and welfare	374	211	585	23	6	29
Serviços / Services	9	7	16			
Áreas não especificadas / Unspecified areas						
Sub-total	6 485	6 164	12 649	10 452	10 048	20 500
Total	17 069	19 292	36 361	20 273	24 248	44 521

Fonte: Ministério da Educação e Desenvolvimento Humano, Direcção de Planificação / Source: Ministry of Education and Human Development, Directorate of Planning
 *Alguns dos graduados, nesta área não foram desagregados e, estão nas "Áreas não especificadas". / Some of the graduates in this area were not disaggregated and are in the "Areas shall not specified."

Informação apresenta o número aproximado **da capacidade de ingresso ao ensino superior das IES (públicas + privadas) moçambicanas.**

Desafios do Ensino Superior Moçambicano

O Plano Estratégico do Ensino Superior 2012-2020, incorpora os desafios constantes na Agenda 2025 bem como os do Programa Quinquenal do Governo, defende a necessidade de se reforçar e dar maior atenção ao ensino superior, ciência e tecnologia para técnicos de nível superior, assim como a promoção da investigação pura e aplicada em interligação com o sector empresarial e a sociedade (PEES 2012-2020, 2012).

O PEES assume o desafio da consolidação do sistema, tendo em conta as reformas iniciadas, garantindo a sua eficácia, equilíbrio e sustentabilidade assim como um maior foco no papel da melhoria da qualidade de ensino e da investigação como motor essencial no desenvolvimento científico e tecnológico, por um lado, e do país, em geral; identifica seis áreas estratégicas: 1. Qualidade expansão e acesso, 2. Gestão e democraticidade, 3. Financiamento e infra-estruturas, 4. Governação, regulação e fiscalização, 5. Ensino, investigação e serviços e acções transversais, e 6. Internacionalização e integração regional.

Entretanto, da vontade política expressa pelo Estado moçambicano no sentido de potenciar o ensino superior como uma das principais alavancas para responder às exigências de desenvolvimento do país até à sua efectiva operacionalização há ainda um longo caminho por percorrer; pois, este subsistema de ensino tem de fazer face não só aos desafios de desenvolvimento do país como também aos seus próprios desafios de expansão e de consolidação. Constituem actualmente desafios de desenvolvimento de Moçambique a consolidação da paz e unidade nacional (perante a tensão político-militar prevalecente), a revitalização económica (principalmente através da agricultura e da indústria extractiva), o melhoramento da precariedade social (combate à pobreza e provisão de serviços públicos de qualidade) e a inserção do país no mundo.

O artigo aborda, a dois níveis, as questões ligadas ao uso do Digital para a produção e disseminação da informação que serve de base para a gestão do ensino superior:

- Governo (Desafios de Políticas Públicas do Ensino Superior)
- IES (Desafios de gestão internas nas IES)

Desafios de Políticas Públicas do Ensino Superior ao nível do Governo

O MCTESTP que representa o Governo na qualidade do órgão superior de gestão do ensino superior deve criar/monitorar as Leis e os demais dispositivos/Regulamentos de modo que sejam adequados ao real contexto de funcionamento das IES e ter uma capacidade de monitoramento sistemático que garante avaliar a correcta aplicação e a eficácia dos instrumentos regulatórios

Desafios de gestão das IES ao nível interno de cada uma delas

Atendendo ao crescimento populacional de Moçambique, o desafio de equilibrar a equação de **acesso** ao ensino superior torna-se uma expressão difícil de acertar, principalmente quando olhamos para as variáveis:

- ✓ Quantidade e capacidade de IES;
- ✓ Dois terços das IES são privadas e a maior parte da população tem um fraco poder de compra.

Ademais, são vários os factores que fazem que nem todos os que terminam o secundário concorrem ao ensino superior, no entanto, uma das razões para não concorrer é o factor económico (pois para participar nos exames de admissão as IES públicas é necessário pagar um valor monetário que varia por cada IES); a este factor se aliam:

- ✓ As IES se concentram em zonas urbanas, aumentando as dificuldades de acesso da população rural que é a maioria e com menos condições económicas;
- ✓ Oferta dos cursos vs opção dos candidatos – em alguns casos os cursos não correspondem ao mercado de emprego ou as regiões aonde não tem muitas alternativas nos cursos oferecidos (como o candidato não tem condições de sobrevivência em outras regiões acaba por não fazer o curso).

Gestão e democraticidade

- ✓ Nem todas as instituições de ensino superior em Moçambique têm recursos humanos em quantidade e qualidade suficientes, na sua estrutura de gestão (particularmente as instituições privadas).

- ✓ As instituições públicas têm ainda os seus reitores ou directores nomeados pelo poder político, comprometendo a sua democraticidade interna.
- ✓ Denota-se nelas a prevalência de uma gestão de contingência, em detrimento de uma gestão estratégica, e a monitoria e controlo das atividades desenvolvidas nessas instituições é ainda débil.
- ✓ Paralelamente, verifica-se um baixo nível de investimento em serviços de apoio pedagógicos (bibliotecas, laboratórios e recursos tecnológicos), sociais (residências e refeitórios estudantis), culturais (anfiteatros) e desportivos.

Oportunidades do Digital no Ensino Superior Moçambicano

A evolução das tecnologias de informação e comunicação, nomeadamente da Internet, vieram introduzir novas formas de comprar e vender produtos e serviços, proporcionaram o aumento da dimensão dos mercados, maior transparência na negociação, maior facilidade de acesso das empresas ao seu mercado alvo, a presença permanente (24 horas por dia, 7 dias por semana), impuseram a redução de custos, entre outras oportunidades (Cunha, 2007).

A inexistência de barreiras regionais ou temporais na Internet, faz com que esta se constitua, cada vez mais, como um meio privilegiado para comprar e vender produtos ou serviços, dando lugar a um novo conceito, a “economia digital” (Tapscot, 1999), uma economia baseada em informação (Gameiro, 2005) tecnologias, dispositivos e redes digitais.

Segundo Barreto (2014) citando Prensky (2001) e Cristal (2011) diz ser claro que o acesso da população mundial à internet se tornou móvel devido ao uso que os Nativos Digitais deram às tecnologias e media digitais a sua disposição, e a interação em áudio e vídeo se tornou rotina e tem na tecnologia de conversação um espaço de transformação de texto em fala e fala em texto. O lugar da interação entre sujeitos sociais e educativos tem sido ampliado de modo bastante significativo com a presença dos dispositivos móveis e em rede acedidas por meio de redes internet sem fio – Wi-Fi.

Em moçambique, como em outras sociedades, adolescentes e jovens comunicam e participam no mundo da web tornando-se uma necessidade pessoal, social e moral, isto é, para que o jovem exista na sua comunidade real tem que também ser visto *on-line* o maior tempo possível.

Na internet há também uma crescente expansão de media de toda a natureza: as mais colaborativas, como as *Wikis*, as mais dedicadas ao compartilhamento, como o *Youtube*, e as mais internacionais, como os *Blogues*, *Twitter*, *Tumblr* e *Facebook*. À medida que a internet expande essa infraestrutura, atende a necessidades de comunicação, criando novas formas de colaboração, compartilhamento e interação (Shepher, Saliés, 2013, p. 7).

Moçambique tem a empresa de telefonia fixa a Telecomunicações de Moçambique (TDM) com uma rede de banda larga em fibra a nível nacional, que suporta as suas ofertas de serviços principais de ADSL e serviços de circuitos alugados; o número de usuários de internet quase triplicou nos últimos dois anos (2012-2014) onde mais de um terço dos acessos a Internet são usados em locais de trabalho, enquanto cerca de 30% são usados através de instituições de ensino, tais como escolas e universidades. Existem atualmente três operadores móveis licenciados, a mCel, que iniciou atividades em 1997, a Vodacom, que iniciou atividades em 2003 e Movitel, que iniciou atividades em 2012. Todos os três operadores têm cobertura nacional e estão a operar redes 2G e 3G, a última (Movitel) principalmente nas áreas urbanas e metropolitanas. O mercado caracteriza-se por uma elevada concentração de assinantes nas áreas metropolitanas, em alguns pólos de desenvolvimento isolados e uma

densidade muito baixa nas áreas periféricas. Esses assinantes são predominantemente assinantes pré-pagos, que procuram principalmente serviços de voz e SMS, embora a procura de serviços de dados está a aumentar, mais uma vez, principalmente nas áreas metropolitanas. No entanto, o custo de acesso a Internet em Moçambique é muito alto.

O Ministério da Ciência e Tecnologia estabeleceu em 2005, a Rede de Educação e Pesquisa de Moçambique (MoRENNet). O projeto MoRENNet é parte da Estratégia de Implementação da Política de Informática. Esta é uma rede de dados de âmbito nacional que interliga instituições académicas de ensino superior e de pesquisa, desenvolvendo atividades sem fins lucrativos. A MoRENNet é um dos membros fundadores da Aliança UbuntuNet para as redes de Educação e Pesquisa. A rede se destina a ser um meio para o intercâmbio rápido e eficaz dos dados do ensino e pesquisa entre os seus membros e tem como filosofia principal aproveitar e fazer uso da infraestrutura de fibra já implantada no país. A rede acomoda instituições académicas públicas e privadas e centros de pesquisa, e tem como objetivos principais:

- Prestar serviços de interligação e acesso à Internet as Instituições Nacionais de Ensino Superior e Pesquisa;
- Interligar o Sistema Nacional de Ensino Superior e da Ciência, Tecnologia e Inovação para o mundo exterior através de estabelecimento de parcerias institucionais com outras redes de Ensino Superior e Pesquisa na África, Europa, Ásia e América;
- Promover a colaboração entre as instituições nacionais de Ensino Superior e Investigação, Sector Privado e do mundo exterior através de:
 - ✓ Difusão e transferência de conhecimentos;
 - ✓ Criar uma plataforma de gestão de conhecimento e intercâmbio das melhores práticas;
- Estabelecer uma plataforma comum para fornecer serviços compartilhados para as instituições de ensino superior e de pesquisa;
- Fornecer serviços de suporte de rede;
- Promover serviços de formação em TICs.

No entanto, ainda um grande número de IES não tem acesso a MoRENNet e as IES que já beneficiam tem problemas de acesso (interrupção sistemáticas, lentidão na transmissão, inoperacionalidades de serviços, e problemas técnicos de perda de sinal), mas mesmo assim tem sido de grande valor para as IES para expandir as suas redes de cabo e wireless pois esta Internet está a um preço acessível em relação as outras redes.

Curiosamente, numa sala de aula, entre 40 a 60% dos alunos têm computadores (Notebook) e entre 90 a 100% tem celulares com acesso a internet.

A maior parte das IES moçambicanas depende de políticas de ajuda e colaborações internacionais, estas situações com certeza útil porque permitem até hoje colmatar graves lacunas na oferta formativa e nas atividades de pesquisa das IES, isto faz com que a implementação das TICs seja de forma espontânea e isolada de estruturas e experiências informáticas, de meios tecnológicos, conexões Internet, software para a didática que muitas vezes não vão de encontro com as necessidades reais/actuais ou do contexto das IES, pelo que é imprescindível que a IES tenha um Plano de Implementação das TICs que seja parte integrante das estratégias e da programação geral das IES, este plano deve ser coerente com os regulamentos e orientação nacional do sector das TICs para que respeite os padrões. De

facto, para um real aproveitamento dos benefícios das TICs é imprescindível que as Novas Tecnologias sejam adequadamente situadas e integradas no conjunto da organização e das funções da IES: didáctica e pesquisa; pois a inovação não acontece automaticamente com a introdução das tecnologias, mas sim da sua inteligente inserção no projecto da Instituição no seu conjunto com a participação de todos os actores internos e externos (instituições, docentes, alunos, funcionários, sectores produtivos, ...) que devem estar conscientes das vantagens recíprocas que derivam da utilização das TICs.

Factos

1. Incremento de número de Ingresso ao Ensino superior

O EaD pode ser uma alternativa de solução para elavar os índices de ingresso ao ensino superior. Os constrangimentos na expansão do EaD em Moçambique é apontada por alguns pesquisadores como estando ligado a problemas de conectividade para Internet e sobretudo a fraca produção/actualização do material de consulta, fraco domínio dos equipamentos informáticos por parte dos alunos e professores assim como a exiguidade de meios tecnológicos tanto de hardware como software; pelo que se o Ensino superior em Moçambique deveria adotar uma plataforma única de ensino à distância ou pelo menos plataformas compatíveis para:

- ✓ a reutilização de recursos
- ✓ permitir um melhor controlo por parte das entidades reguladoras
- ✓ uniformizar os currícula
- ✓ criar um grupo de elaboração de material digital (desenho de conteúdos)
- ✓ permitir a livre circulação de alunos
- ✓ minimizar a escassez de técnicos e docentes
- ✓ contribuir para a garantia de qualidade.

O MCTESTP poderia ter acesso para monitorar as actividades académicas das IES.

2. Dados Estatísticos e Comunicação Interna/Externa

São muitas as IES que não tem sistemas de gestão do registo académico informatizado, e as razões são principalmente por falta capacidade financeira e técnica e isto traz grandes dificuldades na gestão de informação: gestão das notas dos alunos, produção de listas, pautas, certificados e estatísticas. E um sistema de gestão de registo académico ao nível do MCTESTP iria diminuir custos partilhando os custos com as IES (em regime de comparticipação as IES teriam capacidade de pagar), para além que resolveria o problema de envio de dados ao MCTESTP que actualmente é feita remotamente com base num ficheiro MS Excel que, para além de acarretar atrasos, não dá hipóteses de confirmar a fiabilidade dos dados.

3. Exames de admissão ao Ensino Superior

Os exames de admissão nas Universidades Públicas tem o objetivo de seleção de quem deve ocupar as vagas, pois, independentemente dos resultados (positivos ou não) o número de vagas disponíveis para um determinado curso será ocupadas pelos candidatos que tiverem as notas (média) mais altas (sejam elas positivas ou não). As Universidades Privadas, a maioria não faz exame de admissão (os candidatos entram diretamente). As Universidades Públicas (UEM, Unilúrio, Unizambeze), tem um exame único através da comissão independente (Comissão dos Exames de Admissão da UEM), que é responsável pela elaboração e realização dos exames no tempo e prazos acordados, findo qual, esta

comissão fornecer as listas dos candidatos aprovados para cada Universidade. Os candidatos são seleccionados com base na melhor média (lista de ordem decrescente da média).

✓ Processo de Seleção

Consideremos o processo de seleção de candidatos nas universidades públicas UEM, Unilúrio e Unizambeze que é gerido pela comissão de exames independente (Comissão dos Exames de Admissão da UEM).

(1) As Provas:

- a) para admissão num determinado curso o candidato é submetido a 2 (duas) disciplinas básicas diferentes que para o cálculo da média tem uma ponderação igual ou diferente dependendo do curso;
- b) uma prova de uma determinada disciplina (por exemplo Matemática), é igual para todos os cursos e universidades requerida; pelo que se um estudante candidatou-se para mais de que um curso e/ou universidades que requeiram essa disciplina (Matemática) ele fará apenas esse único exame e a mesma nota usada nos cursos e universidades aonde se candidatou;

(2) A Seleção:

- a) o candidato pode concorrer em simultâneo até 2 opções (dois cursos) na mesma Universidade (1ª e 2ª preferência) e candidatar-se até as três Universidades (UEM, Unilúrio, Unizambeze); as provas são as mesmas (teor e data de realização);
- b) ocorre que, quem se candidatar as três Universidades e tiver boas notas é aprovado nas três Universidades, e obviamente, só se matricula em uma; isto, empatando desnecessariamente as vagas em outras duas Universidades.

✓ Processo de Seleção

O termo "repescagem" é o processo de completar as vagas que na primeira fase não foram preenchidas por várias razões, tais como:

- i. as vagas deixadas por aqueles que foram admitidos mais que uma vez;
- ii. as vagas deixadas por aqueles que são admitidos e não tenham concluído o ensino secundário (para concorrer basta apresentar o BI, pois na altura das candidaturas ainda decorrem os exames da 2ª época no ensino secundário);
- iii. as vagas deixadas por razões diversas que no ato da matrícula os candidatos aprovados não se fazem presentes.

(3) A Repescagem:

a repescagem é feita com base na substituição automática dos candidatos da lista de suplentes (os candidatos com melhor média logo depois dos da primeira lista); no entanto as duplicações se repetem (candidatos aprovados em mais de uma universidade) e conseqüentemente o processo de repescagem torna-se um ciclo e leva tempo de mais (alguns candidatos chegam a ser repescados meses depois das aulas terem iniciado).

(4) Envio de Dados

o envio das listas é feita no formato PDF e apesar de se fazer acompanhar de informação no formato eletrónico, não é possível a iteração direta destes dados entre a comissão de exames e as universidades;

O atual processamento, apesar de ser apoiado por um aplicativo web para o registo online dos candidatos (pré-inscrição), depara-se com constrangimentos que não permitem em tempo real aceder e circular informação entre a comissão de exames e as universidades assim como para os candidatos, para além de que não resolve com justiça a seleção do candidato (o mesmo candidato é selecionado várias vezes em detrimento de outros). Também o processamento considera número de candidatos como sendo o número de opções e não o número de pessoas, tem problemas de envio de informação, entre outros; pelo que uma solução seria um sistema integrado que permite a automatização do registo e envio da informação assim como a seleção dos candidatos.

Sistema Integrado de Gestão de Vagas nas Universidades Públicas

Considerando que o registo e a realização dos exames são em todas as províncias do País, o novo sistema dever ser capaz de recolher e partilhar a informação em qualquer ponto do País de forma independente e transparente, com a criação de vários níveis de acessos e restrições de dados e funcionalidades tal como:

- Registo de Candidatos: recolha de toda informação pessoal, antecedente académica (notas do último ano do secundário, escolas, ...) e toda outra informação complementar a matrícula e necessária as estatísticas, assim como permitir o registo online;
- Seleção de Candidatos: processamento automatizado dos processos de seleção, possibilitar o acesso para consultas por parte de todos intervenientes (Comissão, Universidades, Candidatos e outros interessados),
- Partilha de Informação: disponibilizar informação de forma íntegra, fiável e em tempo real através do acesso direto da informação por parte das universidades (dados e situação dos candidatos), instituições de estado tal como o MINEDH, MCTESTP, e outras (Estatísticas);
- Consultas: permitir listagem e impressões de diversos mapas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para um aproveitamento efectivo do Digital nas IES moçambicanas, é importa que:

a) IES devem ter um Plano de Introdução das TIC's (Plano TIC's)

- ✓ deve ser parte integrante das estratégias e da programação geral da Universidade, que partilha e facilita o alcance dos seus objetivos, da visão e da missão; elas devem ser coerentes com os regulamentos e endereços nacionais no sector das novas tecnologias, para respeitar os padrões.
- ✓ Objetivos Gerais TIC's na IES: melhoramento dos processos de ensino/aprendizagem quer no ensino presencial quer à distância (através da introdução de novos métodos e experiências pedagógicas e didáticas e de avaliação das aprendizagens), aumento da oferta e qualidade formativa para um público que de outra maneira seria excluído por causa de distâncias ou de ocupações de trabalho ou da vida; otimização da pesquisa científica e aplicada aos padrões nacionais e internacionais (graças às redes académicas e ao incremento da Gestão do Conhecimento); uma maior eficiência de gestão quer administrativa quer didática (melhorando a programação e a monitoria e introdução de sistemas de controlos de qualidade); a ampliação do sistema das relações e colaborações internas à instituição assim como com o mundo externo favorecendo a socialização das ideias, dos produtos e das propostas; potenciamento da profissão de docente através da

formação em serviço e novos papéis criados pela didática colaborativa à distância; a transparência e a socialização dos endereços, da missão e das escolhas organizativas da Universidade; e a difusão das experiências e da documentação.

b) aumentar o acesso e qualidade do Ensino Superior

considerando a pirâmide etária da população moçambicana (mais de 50% da população \geq 12.521.000 tem idade inferior a 19 anos), conjugado com o número de alunos pré-universitários (secundário geral + técnico \geq 156.789) e a capacidade de ingresso das IES moçambicanas (\leq 44.521), o desafio de aumento da oferta formativa passa necessariamente por aumentar os espaços para a realização da formação: aumentar a infraestrutura, os recursos humanos e os materiais; por outro lado o aumento da qualidade dos formados exige da estrutura de ensino uma melhor organização e controlo do sistema de ensino: garantir em tempo real a implementação do planificado com rigor, apresentar as estatísticas e a informação administrativa. A construção de novas infraestruturas, para além de destruir a natureza, acarreta elevados custos de investimentos e de despesas correntes de gestão que se elevam em função ao aumento de número de alunos; no entanto a possibilidade do uso do digital, apesar de algum custo inicial na formação do pessoal e na produção dos materiais didáticos, mostra-se uma alternativa credível pois o aumento do número de alunos (aumento da oferta formativa) não aumenta os custos. Também, o uso do digital comporta ainda outras vantagens, nomeadamente:

- ✓ Dispensa a construção de muitos e largos espaços físicos (para além da redução de custos, permite a preservação ambiental)
- ✓ Não existem, teoricamente, limites geográficos para inscrever novos alunos (permite que a universidade seja mais abrangente, inclusiva e que os alunos se mantenham o seu ambiente familiar)
- ✓ Abre novas oportunidades de formação á grupos alvos normalmente impossibilitados por motivos de trabalho, distância, etc... (permite liberdade e capacidade financeira para pagar os seus estudos)
- ✓ Criação de uma base de dados com conteúdos, dados, informação de gestão e histórico da instituição (maior capacidade de gestão).

Finalmente, que as tecnologias começam a estar um pouco mais ao alcance do estudante e do professor, pelo que, hoje podemos aprender de muitas formas e em lugares diferentes. A sociedade como um todo é um espaço privilegiado de aprendizagem. Mas ainda é a escola a organizadora e certificadora principal do processo de ensino-aprendizagem, e é importante desde já pensar:

- Como uma universidade e seus professores podem se organizar para estas mudanças inevitáveis, da forma mais adequada, equilibrada e coerente?
- Será que a implementação destas mudanças vão permitir formar maior quantidade de alunos e com melhor qualidade?
- Por onde começar e continuar?

e, para todos os desafios desafio das IES é de se criar capacidades par responder as dificuldades, pelo que se sugere:

- Assumir estes factos como sendo um problema identificado;
- Desenhar modelos de solução como base nos recursos e ciência disponível;
- Validar e implementar as soluções.

REFERÊNCIAS

- [1]-Amaral, L. Mamede, H. Coelho, J. (2007), A Necessidade de uma Metodologia para a Definição Estratégica da Digitalização do Negócio das PME. Revista de Ciências da Computação. Lisboa: Universidade Aberta.
- [2]-ANACOM. (2004), Dinheiro digital – uma implementação de micropagamentos. Universidade de São Paulo. Brasil.
- [3]-Böhle, K. (2002), Integration of Electronic Payment Systems into B2C Internet Commerce – Problems and Perspectives. Institute for Prospective Technological Studies. European Commission.
- [4]-Boncella, R. (2000), Web Security for e-Commerce. Computer Information Science Department and School of Business. Washburn University. Kansas. USA.
- [5]-Carvalho, C. (2003), Infraestrutura de Chave Pública do Ministério da Justiça. Tese de Mestrado. Departamento de Informática. Faculdade de Ciências de Universidade de Lisboa. Lisboa.
- [6]-Cunha, M. (2007), Infra-estruturas de suporte ao comércio electrónico entre empresas: mercados electrónicos. *Tékhné - Revista de estudos politécnicos*, Vol V, nº 8. Portugal.
- [7]-Dennis, A. (2001), Classifications and Characteristics of Electronic Payment Systems, Lecture Notes in Computer Science.
- [8]-Giselle Massaro, Recursos educacionais abertos e aprendizagem colaborativa: novas perspectivas na construção e utilização de materiais educacionais, *Colabor@ - Revista Digital da CVA - Ricesu*, ISSN 1519-8529, Volume 8, Número 31, Julho de 2014
- [9]-GONÇALVES, José Ernesto L. A., GOMES, Cecília A. A tecnologia e a realização do trabalho, *RAE - Revista de Administração de Empresas*, v. 33, n. 1 São Paulo, 1994.
- [10]-José Manuel Moran, Os novos espaços de atuação do professor com as Tecnologias, <http://www.ufrgs.br/nucleoad/documentos/moranOsnovos.htm>, consultado em Fevereiro de 2016
- [11]-Lei do ensino Superior, Ministério da Ciência e Tecnologia, Ensino Superior e Técnico-Profissional, <http://www.mctestp.gov.mz/?q=content/tecnologias-de-informa%C3%A7%C3%A3o-e-comunica%C3%A7%C3%A3o>, 2015
- [12]-O Ministério da Ciência e Tecnologia, Ensino Superior e Técnico Profissional. Ramos, Patrícia Edí, *O professor frente às novas tecnologias de informação e comunicação*, Escola Estadual Maria Eduarda Pereira Soldera, Brasil, 2014, disponível em <http://www.seduc.mt.gov.br/Paginas/O-professor-frente-%C3%A0s-novas-tecnologias-de-informa%C3%A7%C3%A3o-e-comunica%C3%A7%C3%A3o.aspx>
- [13]-Robério Pereira Barreto, Dispositivos móveis: conectados à internet: usos, aprendizagens e dependências da Web, *Colabor@ - Revista Digital da CVA - Ricesu*, ISSN 1519-8529, Volume 8, Número 31, Julho de 2014.
- [14]-Vantagens da Internet. Tagus Park. Oeiras. Associação Empresarial de Portugal – AEP. (2008).

ARTIGO REF: 6973

MOBILIDADE EM NÚMEROS NO MESTRADO INTEGRADO DE ENGENHARIA MECÂNICA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Catarina F. Castro^(*)

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, Universidade do Porto, INEGI & FEUP - Porto, Portugal

^(*)*Email:* ccastro@fe.up.pt

RESUMO

A Universidade do Porto consegue situar-se entre as primeiras 100 da Europa e as 300 do mundo em todos os rankings internacionais. A Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) orgulha-se em ser a primeira instituição portuguesa com todos os cursos de Engenharia reconhecidos pela ENAEE (*European Network for Accreditation of Engineering Education*) através da atribuição da Marca de Qualidade EUR-ACE. São eles os Mestrados Integrados em Engenharia Mecânica, Engenharia Civil, Engenharia Química, Engenharia Informática e Computação, Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Engenharia e Gestão Industrial, Engenharia do Ambiente, Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Bioengenharia e o Mestrado em Engenharia de Minas e Geo-ambiente. Esta qualificação coloca a FEUP num patamar inédito ao nível do ensino superior em Portugal, dando uma maior dimensão europeia aos seus diplomas e potenciando uma maior aceitação de seus formados no mundo do trabalho. Novos conceitos de inovação curricular juntamente com a possibilidade de estudar noutro país tornam o ensino da engenharia numa experiência ainda mais valiosa do que foi no passado (Schleicher, 2016; IHEM, 1008).

Em consonância com uma política estratégica em que as atividades de Investigação e Inovação adquirem uma importância central, a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto tem tido um desempenho muito relevante no desenvolvimento sustentado de áreas emergentes e na consolidação da excelência científica em vários domínios, reforçando a vários níveis as suas competências científicas e tecnológicas. A diversidade de competências intrínsecas associadas à qualidade e variedade dos equipamentos experimentais que se encontram instalados nos laboratórios do Campus da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto conferem a excelência indispensável a um ensino de elevada qualidade. O Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Universidade do Porto acumula a experiência de vários anos de empenhamento em atividades de ensino, investigação e desenvolvimento.

Estabelecer um estudo interdisciplinar de técnicas em engenharia, desenvolver aptidões de empreendedorismo e sensibilizar os estudantes para a influência dos aspetos culturais na solução de problemas numa sociedade global são incentivos à realização de períodos de mobilidade no percurso de um estudante no Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica. Apesar da diversidade da sua proveniência, a realização de intercâmbios é uma experiência única de aprendizagem e crescimento contribuindo para a formação do engenheiro global na perspetiva do seu exercício no futuro (Teichler 2012; Surssock et al., 2010). Desenvolver capacidades e competências extracurriculares são importantes para os engenheiros do século XXI (Allen e van der Velden, 2011).

Os estudantes candidatos à realização de mobilidade no Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica (MIEM) encontram-se geralmente a frequentar no momento da mobilidade um dos

dois últimos anos do curso de graduação sendo provenientes de Instituições de Ensino Superior que mantenham um protocolo ou convénio de cooperação com a Universidade do Porto e/ou com a Faculdade de Engenharia. No entanto, Instituições de Ensino Superior que não tenham qualquer protocolo podem candidatar-se na condição de estudante visitante, ou *freemover*. Isto significa que geralmente são aceites estudantes do 3º ou 4º ano (no caso de cursos de 4 anos/8 semestres) ou do 4º ou 5º ano (no caso de cursos de 5 anos/10 semestres).

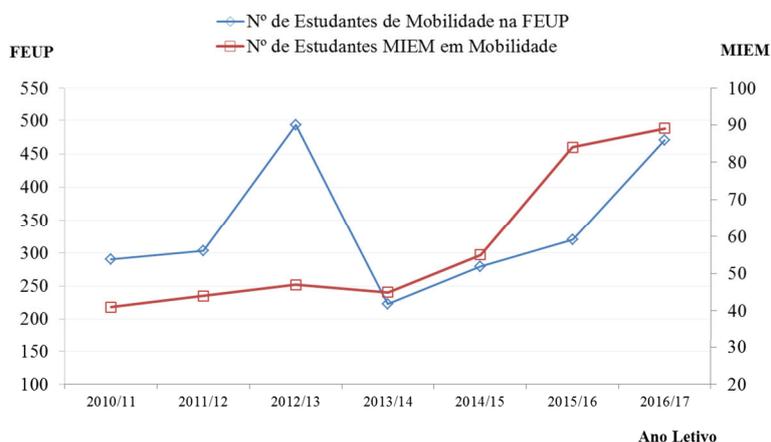


Fig 1 - Número de estudantes de Mobilidade na FEUP e no MIEM [6; 7].

Os estudantes do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica candidatos à realização de mobilidade numa Instituição de Ensino Superior fora da Universidade do Porto encontram-se no momento de candidatura, ainda a frequentar os anos anteriores, como por exemplo, o 3º ano (caso o estudante pretenda realizar a mobilidade correspondente ao 4º ano) ou no 4º ano (caso o estudante pretenda realizar a mobilidade correspondente ao 5º ano. Assim, é possível explorar novas oportunidades, particularmente no que se refere à transferência do conhecimento, ao empreendedorismo, à inovação e à investigação aplicada, no sentido de aumentar o impacto da Investigação e Inovação.

REFERÊNCIAS

- [1]-Schleicher, A. Value-Added: How do you measure whether universities are delivering for their students? <http://www.hepi.ac.uk/wp-content/uploads/2016/01/Andreas-Schleicher-lecture.pdf> (2016).
- [2]-International Higher Education Monitor (IHEM) Higher education in Portugal, (2008).
- [3]-Teichler, U., International Student Mobility in Europe in the Context of the Bologna Process. *Journal of International Education and Leadership*, 2-1 (2012) <http://www.jielusa.org/home> ISSN:2161-7252.
- [4]-Sursock, A. & Smidt, H. Trends 2010: A Decade of Change in European Higher Education. Brussels: European University Association (2010).
- [5]-Allen, J. & van der Velden, R. (eds.) *The Flexible Professional in the Knowledge Society* Dordrecht: Springer. (2011).
- [6]-https://sigarra.up.pt/feup/pt/FEST_GERAL.FEST_LIST.
- [7]-https://sigarra.up.pt/feup/pt/coop_estudantes_profs.ver_estudantes.

PROCEEDINGS

CLME2017 / V CEM

8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia
V Congresso de Engenharia de Moçambique
Maputo (Moçambique), 4-8 Setembro 2017

PAINEL-II

OBRAS PÚBLICAS E INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTE

Mesa do Painel

Carlos Mesquita (Ministro Transp. e Comunicações, Moçambique)

Luís Picado Santos (Professor do IST/UL, Portugal)

Miguel Matabele (PCA dos CFM, Moçambique)

Silva Magaia (PCA da Maputo-Sul, Moçambique)

Tiago Mendonça (Director Geral da Betar, Portugal) - Moderador

ARTIGO REF: 6303

ENSINO E INVESTIGAÇÃO RELACIONADOS COM OBRAS DE INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTES

Luís de Picado Santos^(*)

Professor Catedrático de Transportes e Vias de Comunicação
CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

^(*)*Email:* luispicadosantos@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

As obras de infraestruturas de transportes são geralmente investimento público, direto ou indireto, e portanto podem considerar-se sempre como obras públicas, isto é, promovidas pela governância pública, nacional ou local.

O tipo de obras que está em causa consomem recursos públicos com muito significado o que traduz, uma vez realizadas, que o património material mais significativo dum país, de longe, são as redes de estradas, caminhos-de-ferro, aeroportos e portos. A operação de transporte de pessoas e mercadorias apoiada nessas redes constitui, por sua vez, uma atividade com fortíssimo impacte económico em qualquer país do mundo.

A formação de quadros e o estabelecimento de saber tecnológico próprio que estejam relacionados com este tipo de obras públicas e com a atividade que estas apoiam, são vertentes cruciais para o desenvolvimento criterioso e eficiente da economia dum país, pelo que a aposta nestas vertentes deveria ser sustentada por uma parte do investimento efetivamente realizado.

A preparação dos quadros que podem promover a realização deste tipo de obras com a qualidade necessária passa por níveis de ensino diferentes, o universitário e o profissional. No universitário, admitindo uma formação mais geral passa pelos 1º e 2º ciclos de estudos (em geral 5 anos integrando os dois ciclos), tendo de passar pelo 3º ciclo (mais 4 anos de doutoramento) quando o grau de especialização requerido é elevado ou por um novo 2º ciclo de especialização intermédia destinado a detentores dum 2º ciclo mas que pretendem consolidar conhecimentos em assuntos determinados (em geral são necessários mais 2 anos). No profissional, também destinado a quadros intermédios, a configuração passa por cursos curtos desde 1 dia a uma semana ou duas semanas, sem avaliação mas com forte orientação para aplicação tecnológica das matérias tratadas.

A detenção do saber tecnológico que permite a realização de obras públicas com eficiente utilização dos recursos e que permite a posterior operação das infraestruturas construídas de forma mais efetiva para suporte das atividades económicas relacionadas, passa por uma sistemática acção de investigação e desenvolvimento de produtos e organização de serviços, cruciais para o estabelecimento duma cultura própria na condução de todas as etapas da governância dum país.

Pretende dar-se uma panorâmica da experiência portuguesa nos assuntos referidos, a formação de quadros e o estabelecimento de saber tecnológico próprio, tomando como referência o Instituto Superior Técnico, por ser a Escola de origem do palestrante, e a

Engenharia Civil por ser onde este dedicou toda a sua vida profissional. Para isso, vão descrever-se para os referidos assuntos, as opções e as realizações para uma boa parte dos temas envolvidos: estabelecimento de políticas, o planeamento, a construção, a operação, a conservação e a adaptação ao conceito da economia circular para se atingir uma grau de sustentabilidade superior.

Entende-se que desta forma se pode contribuir para uma melhor compreensão da necessidade de cada país constituir a sua própria base de produção interna mas também a que lhe permite internacionalizar os serviços das suas próprias empresas, nestas como noutras áreas. Esta contribuição suscitará, com elevado grau de probabilidade, uma discussão mais informada sobre o papel da educação e da investigação no desenvolvimento económico dum país.

ARTIGO REF: 6304

PONTE MAPUTO-KATEMBE: CONSTRUÇÃO, DESAFIOS E PERSPECTIVAS

Silva J. Magaia^(*)

Empresa de Desenvolvimento de Maputo Sul, E.P., Maputo, Moçambique

^(*)*Email:* silva.magaia@maputosul.co.mz

RESUMO

A Ponte Maputo-KaTembe faz parte dum projecto orçado em USD 875 Milhões financiado através dum crédito concessional do Eximbank da China. O projecto inclui para além da ponte cerca de 180 km de estradas no extremo sul da Província de Maputo, que por sua vez incorporam pequenas pontes e viadutos no atravessamento de rios e vias férreas. Uma vez concluído, o projecto vai reforçar o turismo na região e as trocas comerciais com os países vizinhos no extremo sul, particularmente a África do Sul e a Swazilândia.

A ponte é constituída por dois viadutos de acesso em betão pré-esforçado, Figura 1, um em cada margem, com extensões que rondam pouco mais de 1 km. A parte central sobre a Baía de Maputo terá uma estrutura metálica com um vão livre de 680 metros, o que fará desta a maior ponte suspensa em África e a 53ª no Mundo. O tabuleiro central atravessa a baía deixando um gabarito de 60 metros a partir do nível das águas do mar, para não interferir com a navegação.



Fig. 1 - Vista geral da ponte Maputo-KaTembe

O caixão metálico que constitui o tabuleiro da ponte principal apoia-se em duas torres gigantes em cada extremidade, cada uma com mais de 135 metros de altura. A torre norte encontra-se apoiada sobre uma fundação de estacas que vão até à profundidade de 97 metros, enquanto na torre sul a profundidade das estacas é de 110 metros. O caixão metálico é sustentado por pendurais verticais amarrados na sua parte superior nos cabos de suspensão. Por sua vez, os dois cabos principais serão fixados em dois enormes blocos de ancoragem, um em cada margem.

Para além da descrição das componentes principais da ponte e dos progressos registados até à data, nesta apresentação descreve-se a metodologia de construção, o processo de controlo de qualidade e os desafios enfrentados. Importa destacar para além da complexidade tecnológica do projecto, os enormes desafios derivados da localização dos acessos à ponte num meio urbano fortemente ocupado, o que tornou a aquisição de áreas de trabalho numa verdadeira obra de engenharia. A presença de habitações maioritariamente espontâneas, de actividades económicas altamente sensíveis tais como o Porto de Maputo, o feixe ferroviário dos CFM, a faixa de aproximação ao Aeroporto Internacional de Maputo, bem como de infraestruturas e serviços públicos como condutas de água, cabos de fibra-óptica, linhas de energia de alta tensão e a instabilidade do talude da Malanga, tornaram-se em factores importantes a ter em conta na execução da obra.

A apresentação termina referindo-se às perspectivas de desenvolvimento regional que se prevê alavancar com a implementação deste grandioso empreendimento.

REFERÊNCIAS

- [1]-CRBC (2015), Mozambique Maputo-KaTembe and North Link Roads Project-Construction Documents Design.
- [2]-CRBC (2016), Method Statements for Mozambique Maputo-KaTembe and North Link Roads.
- [3]-SATCC, Draft Standard Specifications for Roads and Bridge Works, September 1998, Reprinted July 2001.
- [4]-SATCC, Draft Code of Practice for the Design of Roads, Bridges and Culverts, September 1998, Reprinted July 2001.
- [5]-FIDIC, Conditions of Contract for EPC/Turkey Projects, First Edition 1999.
- [6]-Magaia, S, Celebration of the Mozambique Engineers Society Day, 2016.
- [7]-Nzungu, B et al, Celebration of the 5th year of Maputo Development Company, 2015.
- [8]-Noticias Journal (2017), CRBC and Maputo Sul launches guide rope.

ARTIGO REF: 6469

CONTRIBUIÇÃO PARA A CRIAÇÃO DE UM MANUAL PARA DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS PARA MOÇAMBIQUE

Gonçalves Zianai^{1(*)}, Jorge Pais², Paulo Pereira²

¹Administração Nacional de Estradas, Moçambique

²Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil, 4800-058 Guimarães, Portugal

(*)*Email*: jpais@civil.uminho.pt

RESUMO

Nos últimos anos tem sido notório um aumento progressivo do tráfego de veículos na rede rodoviária nacional, bem como da agressividade das cargas a eles associadas, especialmente em termos de cargas por eixo. Verifica-se igualmente que a espessura das camadas de revestimento dos pavimentos não está aumentando em função do aumento progressivo do tráfego, além de continuar a usar-se os revestimentos simples e duplos nas estradas de Moçambique, em detrimento dos pavimentos com misturas betuminosas que assegurariam um melhor desempenho dos pavimentos face às solicitações cada vez maiores.

Os pavimentos flexíveis constituem a maioria dos pavimentos rodoviários utilizados em Moçambique. Aliás, é o único tipo de pavimentos utilizados em Moçambique, sendo o fendilhamento por fadiga e a deformação permanente os principais modos de degradação dos mesmos, bem como os principais indicadores do seu estado de ruína, os quais são bastante prejudiciais para as condições de circulação, quer em termos de comodidade de condução quer em condições de segurança.

O acumular da degradação ou dano, sendo este a parcela de vida do pavimento que se esgota em resultado da combinação de acções tais como tráfego, temperatura e condições hídricas, sendo pois importante tê-las em consideração na modelação e dimensionamento dos pavimentos. Os vários métodos de dimensionamento consideram de forma diferente estes factores pelo que neste trabalho vai ser abordada a forma como a temperatura é considerada no dimensionamento dos pavimentos, visto que ela tem vindo a aumentar significativamente nos últimos anos ao nível do globo terrestre.

O objectivo principal deste trabalho consiste em contribuir para elaboração de um catálogo para o dimensionamento de pavimentos rodoviários flexíveis para Moçambique. A contribuição faz-se pela consideração da temperatura no comportamento das misturas betuminosas. Para a elaboração do trabalho são analisadas as temperaturas do ar das várias províncias de Moçambique e calculada a temperatura ponderada do ar para dimensionamento e a temperatura nos pavimentos com a qual se determina o módulo de rigidez das misturas betuminosas. A contribuição para o catálogo de dimensionamento resulta na determinação da espessura das camadas betuminosas função da classe de tráfego e de fundação do pavimento.

No trabalho foram analisadas as temperaturas médias do ar das várias províncias de Moçambique com as quais se determinou a temperatura média ponderada do ar, temperaturas esta que pode ser utilizada para dimensionamento de pavimentos. Estas temperaturas variam entre os 18,7°C e os 25,9°C, valores que são relativamente elevados, o que conduz a baixos módulos de rigidez das misturas betuminosas.

A análise destas temperaturas permitiu observar que existem três situações de temperatura dos pavimentos apresentadas, nomeadamente mais baixas, intermédias e mais altas, o que constituiria de igual maneira três grupos de temperaturas para dimensionamento. No entanto, em termos de módulo de rigidez das misturas betuminosas foram definidos foram definidas 5 classes de temperatura, as quais estão associadas às várias províncias do país. Assim, com estas temperaturas foram criados quadros que permitem determinar a espessura da camada betuminosa do pavimento função da classe de tráfego e de fundação.

ARTIGO REF: 6592

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS REFORÇADAS COM GEOSSINTÉTICOS

Arminda Almeida^(*), M.I.M. Pinto, Ema Pedrosa

Universidade de Coimbra, CITTA, Departamento de Engenharia Civil- Coimbra, Portugal

^(*)*Email:* arminda@dec.uc.pt

RESUMO

As estradas não pavimentadas, ou estradas não revestidas, são estradas em que os veículos circulam sobre o solo não protegido. A extensão deste tipo de estradas representa atualmente uma percentagem significativa em relação às estradas pavimentadas, mesmo em países ditos de desenvolvidos, veja-se p.ex. o caso do Canadá e da Suécia com cerca de 60% e 77% respetivamente [CIA, 2016]. Desempenham um papel muito importante nas zonas rurais e florestais, sendo mesmo essenciais para o desenvolvimento das regiões a nível social, económico e ainda de combate a incêndios.

As estradas não pavimentadas são em geral de construção simples e económica, não existindo por vezes ações significativas sobre o solo existente no local, além de uma limpeza da vegetação. Tornam-se por isso bastante suscetíveis a danos, requerendo frequentes ações de manutenção. A mitigação deste problema pode ser feita através da introdução de reforço com telas de geossintéticos, que introduzem uma melhoria da resistência associada a uma diminuição da deformabilidade.

O trabalho que se apresenta descreve o estudo do comportamento de estradas não pavimentadas, construídas com vários tipos de solos, sem reforço e reforçadas com diferentes tipos de geossintéticos. O estudo foi realizado com base no ensaio de pista (equipamento pequeno) [CEN, 2007], um ensaio que determina a suscetibilidade à deformação a partir da avaliação da rodeira formada pela passagem sucessiva de uma roda carregada (Figura 1A).

O molde do ensaio de pista que acomoda a amostra a ensaiar foi modificado relativamente ao que é normal utilizar para os ensaios em amostras de misturas betuminosas. Essencialmente foi aumentada a altura, para minimizar, tanto quanto possível, a influência da base rígida do molde no comportamento da amostra de solo durante os ensaios. Esta influência, no caso de solos, merece atenção especial, pelo que é imprescindível que seja controlada. As dimensões internas do molde são então de 375 mm comprimento x 305 mm largura x 98 mm de altura (Figura 1B). Os solos estudados procuram varrer uma gama variada de granulometrias, e são classificados como A1b, A2-4 e A4, de acordo com a classificação AASHO, e classificados como areia siltosa e silte arenoso de acordo com a Classificação Unificada de Solos (ASTM). Foram estudados duas geogrelhas de reforço, a Miragrid GX 35/35 e a Secugrid 30/30, que se podem observar na Figura 2.

O estudo inclui um estudo paramétrico, onde se procura determinar a influência de alguns parâmetros, tais como o tipo de solo, o tipo de reforço, a velocidade de passagem da roda de ensaio, os períodos de repouso entre essas mesmas passagens, o nível de carga, entre outros. As amostras são todas preparadas com o teor em água ótimo determinado pelo ensaio Proctor pesado.

Os períodos de repouso são muito importantes, porque: simula-se mais corretamente este tipo de estradas que são estradas de baixo volume de tráfego, e portanto com intervalo significativo entre a passagem das cargas, o que permite alguma recuperação da deformação do solo; no caso das estradas reforçadas com geossintéticos estes conferem ao solo um aumento significativo da capacidade de recuperação das deformações. As amostras reforçadas com geossintéticos são as que efetivamente mostram melhores resultados.

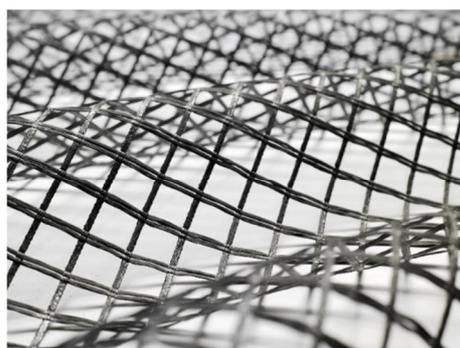


(a) Formação de sulcos durante a realização de um ensaio



(b) Molde utilizado nos ensaios

Fig. 1 - Ensaio de Pista



Miragrid GX 35/35 (Catálogo da TenCate)



Secugrid 30/30 35 (Catálogo da NAUE)

Fig. 2 - Geossintéticos utilizados como reforço dos solos

REFERÊNCIAS

- [1]-AASHTO (1983). “Recommended practice for the classification of soils and soil-aggregate mixtures for highway construction purposes”. M145-82, American Association of State Highway and Transportation Officials, USA.
- [2]-ASTM (2009). “Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)”, D2487-11, ASTM International.
- [3]-CEN (2007). “Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Part 22: Wheel tracking”. European Committee for Standardization.
- [4]-CIA@2016, Central Intelligence Agency, USA: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/2085.html>.
- [5]-NAUE (2016), Catálogo de produtos.
- [6]-TenCate (2016), Catálogo de produtos.

ARTIGO REF: 6613

EXPANSÃO URBANA DE CIDADES CAPITAIS ESTUARINAS: EFEITOS DA PRIMEIRA TRAVESSIA NA A.M. LISBOA E OS DESAFIOS DA PRIMEIRA TRAVESSIA NA A.M. MAPUTO

Albertina Give^{1(*)}, Jorge Baptista e Silva^{1,2}, Alexandre Gonçalves^{1,2}

¹Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

²CERIS - Investigação e Inovação em Engenharia Civil para a Sustentabilidade (CERIS), Lisboa, Portugal

(*)*Email*: albertina.give@gmail.com; albertina.give@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

Este estudo aborda sobre a expansão urbana de cidades estuarinas colocando em perspetiva as dinâmicas de duas cidades estuarinas (Maputo e Lisboa) surpreendentemente parecidas mas cujo desenvolvimento urbano está claramente diferido no tempo. O principal objectivo foi de fazer um paralelo histórico através da quantificação de ocupação humana em ambos os territórios. A evolução ocorrida na AML após a construção da sua primeira travessia em 1966, embora ressaltando as devidas diferenças culturais e de desenvolvimento urbano, indica que a construção da Ponte Maputo-KaTembe na AMM faz esperar, na margem sul, uma significativa pressão urbanística, já hoje perceptível. Esta pressão pode traduzir-se a médio prazo num fenómeno de dimensão incontrolável, tal como ocorreu na AML nas décadas de 1970 e 1980, apesar da existência de um Plano Geral de Urbanização para a KaTembe. A salvaguarda de uma estrutura base para a AMM consignada em plano regional parece ser um caminho recomendável.

INTRODUÇÃO

A expansão urbana corresponde ao crescimento do espaço urbano e, para além da alteração dos seus limites geográficos, é normalmente acompanhada pela difusão do modo de vida urbano e pelo desaparecimento de estruturas e modos de vida rurais (Brockerhoff, 1999). Em áreas metropolitanas têm-se estudado realidades mistas, hoje designadas de áreas periurbanas, onde ambos os modos de vida estão presentes. Em cidades estuarinas essa expansão urbana ocorre preponderantemente junto aos estuários¹ devido à importância estratégica da presença da água por várias razões - amenização climática, valor ambiental e paisagístico, importância económica para a localização portuária/industrial e escoamento/importação de produtos.

Muitas das maiores cidades do mundo situam-se na costa de um estuário (Coelho & Havens, n.d.). Por exemplo, Chesapeake Bay, o maior estuário da América do Norte e o segundo maior do mundo, conta com mais de quinze milhões de pessoas na sua bacia hidrográfica, incluindo as cidades de Washington, DC e Baltimore, MD; Río de la Plata, que separa o Uruguai e a Argentina na costa sudeste da América do Sul, é o maior estuário do mundo e tem um grande divisor de águas que se inicia no Brasil; St Lucia, um importante estuário situado na África do Sul, junto da maior lagoa costeira da África; o estuário do Rio

¹ São considerados estuários os locais onde o fluxo de água doce, a partir dos rios, se encontra com a água salgada do mar (Coelho & Havens, n.d.).

Severn, na Grã-Bretanha, recebe água de cinco grandes rios, existindo importantes cidades na sua proximidade: Bristol e Cardiff. (United States Environmental Protection Agency, n.d).

Portanto, os estuários estão posicionados em locais muito valorizados para a construção humana, uma vez que são também locais privilegiados para a exploração dos recursos naturais estuarinos e marítimos. Apresentam características funcionais únicas de entre todos os ecossistemas aquáticos. Atuam, ainda, como “sistemas tampão”, impedindo que os efeitos de tempestades e outros eventos meteorológicos oriundos dos oceanos se propaguem pelos continentes (Coelho & Havens, n.d.).

As valências do estuário, incluindo o plano de água, as margens e a orla, são múltiplas e decorrem em primeira linha dos recursos e valores naturais, ambientais e paisagísticos específicos de uma área estuarina com a dimensão, diversidade e características em causa e, naturalmente, dos bens e serviços que por si só proporciona, e que são, aliás, o objeto primordial do regime de salvaguarda a que a natureza de um Plano Especial obriga (ARH do Tejo, 2009).

Devido a estas grandes valências que as zonas estuarinas possuem, muitas das vezes estas têm sido alvos de conflitos entre os usuários. Moreau & Júnior, n.d., referem que os estuários sofrem ação em todas as regiões do globo, devido ao esquecimento das premissas de que toda a ocupação humana deve ser compactuada com a proteção do meio ambiente, desde que de forma ordenada. Por outro lado, a tensão entre o uso público e o privado dos recursos económicos, sociais, culturais, bióticos e abióticos da cidade e de seu entorno configuram-se como foco principal desses conflitos. Muitos estuários em todo o mundo também são danificados até certo ponto por resíduos domésticos e industriais não tratados ou inadequadamente tratados (Tibbetts, 2002). Acontece que, as águas residuais não tratadas contribuem com patógenos, contaminantes tóxicos, sólidos em suspensão, resíduos orgânicos e nutrientes dissolvidos, como nitrogênio e fósforo. Os resíduos orgânicos podem reduzir significativamente o oxigênio biológico disponível nas vias navegáveis, causando a morte de peixes (Tibbetts, 2002). Porém, a diminuição dos recursos costeiros raramente pode ser atribuída a um único impacto humano. No caso dos recifes de corais, por exemplo, “*Reefs at Risk*” adverte que a sobrepesca, as práticas de pesca destrutivas e o desenvolvimento intensivo em áreas estuarinas e costeiras representam ameaças. Alguns pescadores usam a pesca da explosão para capturar peixes vivos para restaurantes e o comércio do aquário. Os níveis e métodos de pesca são insustentáveis. O desmatamento maciço e a construção de estradas, aeroportos, canais, portos e edifícios também Recifes, adicionando sedimentos e cargas de nutrientes às vias navegáveis (Tibbetts, 2002).

Tradicionalmente, para além das atividades portuárias, acolhem na sua envolvente, áreas urbanas, que também determinam a forte pressão a que se encontram sujeitas as zonas estuarinas. Apesar de serem sistemas altamente adaptados às flutuações climáticas e ambientais, com grande resiliência e resistência às intempéries naturais, os estuários e demais áreas costeiras demonstram também uma enorme fragilidade ambiental, já que são facilmente perturbados e, muitas vezes, de modo irreversível pelas atividades humanas (Coelho and Havens, n.d.). Além do mais são hoje áreas altamente sensíveis às possíveis consequências das alterações climáticas, nomeadamente a subida do nível das águas do mar. Por conseguinte, a expansão urbana para estas zonas deve ocorrer por forma que as valências urbanísticas e todos os interesses e funcionalidades que estas zonas potenciam sejam protegidos e salvaguardados.

Lisboa e Maputo são cidades capitais, ambas sedes de Áreas Metropolitanas (AML e AMM) segmentadas por um estuário, que, à sua maneira, são verdadeiros motores de

desenvolvimento económico dos respetivos países. Embora com diferentes géneses históricas e situando-se em distintas fases de maturidade urbana e níveis diferentes de infraestruturização, são territórios com semelhanças geográficas e que podem ser comparados em termos de dinâmica urbanística.

No caso da AML, no período aproximado de 50 anos, entre a década de 1960 - antes da construção da primeira travessia em 1966, a Ponte 25 de Abril, Fig.1 (A) - e a atualidade, Fig.1 (B), a população da AML evoluiu de 1.500.000 habitantes em 1960 para 2.800.000 habitantes em 2011. O grande crescimento urbanístico que sucedeu na parte Sul da AML tem sido relacionado com a construção da Ponte sobre o Tejo em 1966.

A Área Metropolitana de Maputo (AMM) tem neste momento em fase de conclusão a construção da sua primeira travessia sobre o estuário de Maputo ligando a margem Norte à margem Sul, uma situação em tudo semelhante à que ocorreu na AML na década de 60 do séc.XX. Esta AMM tem registado um crescimento urbano e populacional muito significativo à volta da baía de Maputo, em particular na margem Norte e mais recentemente a Sul (região KaTembe), motivada pela construção desta nova Ponte Maputo-KaTembe. A AMM tinha em 2007 cerca de 1.900.000 habitantes mas estima-se um crescimento populacional exponencial nos próximos anos decorrente dos investimentos em curso que vêm reforçar a atratividade da região.

Neste artigo procura-se colocar em perspetiva as dinâmicas de duas cidades estuarinas (Maputo e Lisboa) surpreendentemente parecidas mas cujo desenvolvimento urbano está claramente diferido no tempo. O objectivo específico é o de fazer um paralelo histórico através da quantificação de ocupação humana em ambos os territórios, com o intuito de perspetivar a evolução territorial na AMM expressa em termos de ocupação do solo e dos impactos que podem vir a ocorrer como consequência da construção da nova ponte.

METODOLOGIA

Em grande medida as análises biofísicas apresentadas para a AMM foram desenvolvidas no âmbito de uma Tese de Mestrado [Give, 2016]. A análise de informação geográfica para as situações da AML e AMM é feita com o auxílio de *software* SIG da ESRI, Co.. tendo-se quantificado o Índice Bruto de Ocupação do Solo em 2016 através de uma grelha geodésica com píxeis de dimensão aproximadamente quilométrica [Give, 2016]. A ocupação do solo na AML em 1962 foi feita com base numa carta de ocupação do solo dos estudos preliminares do PDRL de 1964, que foi posteriormente digitalizada, georreferenciada e classificada. A ocupação do solo da AML em 2006 foi feita com base na *Corine Land Cover* de 2006. Para traduzir a ideia de Ocupação Urbana (muito próxima do conceito de Áreas Artificializadas) foram consideradas as categorias seguintes: Tecido urbano contínuo e descontínuo; Indústria, comércio e equipamentos gerais; Redes rodoviárias e ferroviárias e espaços canais associados; áreas portuárias e aeroportuárias; áreas em construção; espaços verdes urbanos e equipamentos desportivos e culturais, de lazer e zonas históricas.

MEIO SÉCULO DE EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO URBANÍSTICA NA ÁREA METROPOLITANA DE LISBOA

O último meio século da AML tem um marco importante em 1966 com a inauguração da nova ponte sobre o Tejo, a qual vinha merecendo vários estudos de atravessamento desde o séc. XIX. É habitual referenciar esta data de construção da ponte sobre o Tejo (Ponte 25 de

Abril) em 1966 como um momento determinante para explicar a enorme expansão da ocupação urbanística que ocorreu na margem Sul da AML (que em boa medida se deveu ao aumento de acessibilidade e de mobilidade entre as duas margens). Contudo essa expansão urbanística a Sul e a Norte não pode ser dissociada da mudança para um regime democrático a seguir à Revolução de 25 de Abril em 1974, à consequente abertura económica, à integração na CEE em 1986, à construção do 2ª atravessamento sobre o estuário - Ponte Vasco da Gama - em 1998 e à construção do atravessamento ferroviário sob o tabuleiro da Ponte 25 de Abril em 1999 e seu alargamento para 6 vias, e ao fecho da rede rodoviária fundamental da AML em 2014 com a conclusão da última radial (IC16). Estas novas possibilidades de atravessamento foram sendo complementadas com o transporte fluvial que desde sempre foi suportando as necessidades de conexão entre as duas margens.

No conjunto das possibilidades actuais de atravessamento sobre o Rio Tejo na AML, em termos de médias diárias anuais, cerca de 40.000 pessoas atravessam de barco, 50.000 de comboio e cerca de 200.000 veículos atravessam o rio pelas duas pontes.

As figuras 1 e 2 representam bem a evolução do grau de urbanização do território da AML no período 1962-2006.

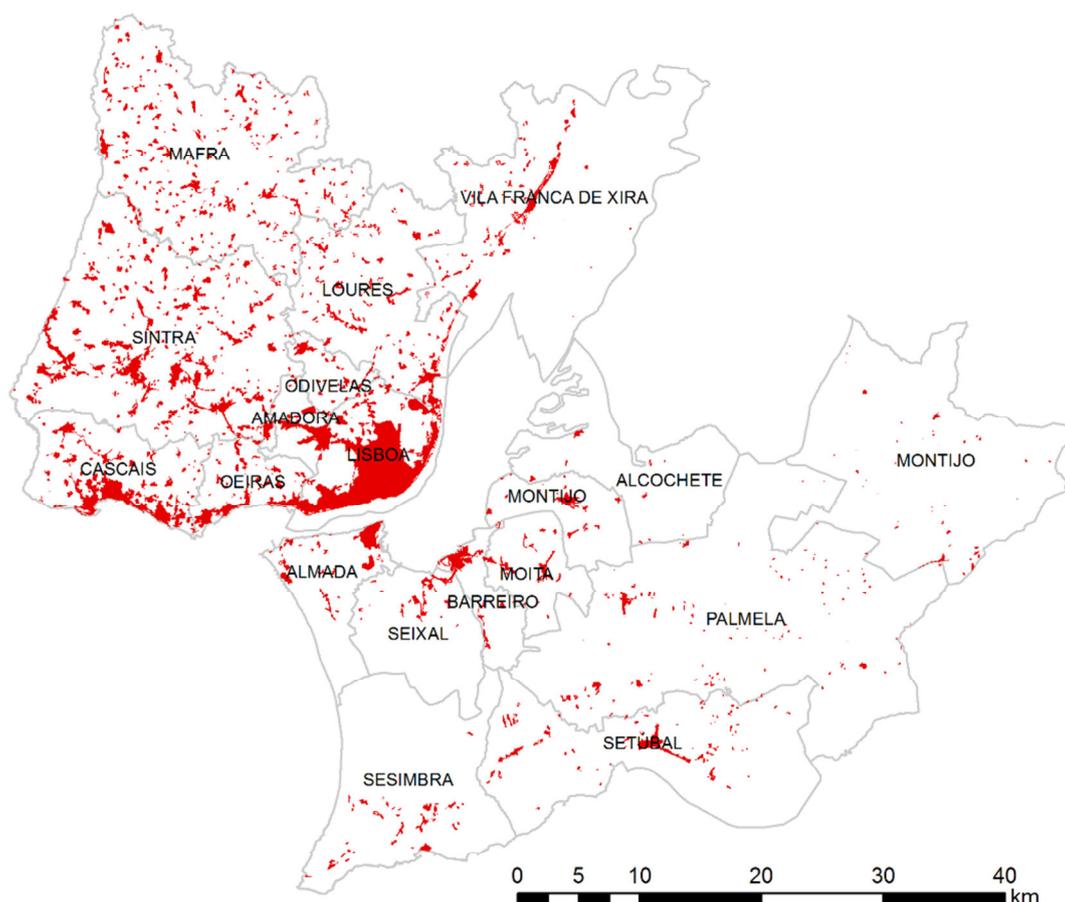


Fig. 1 - Ocupação urbana na AML em 1962

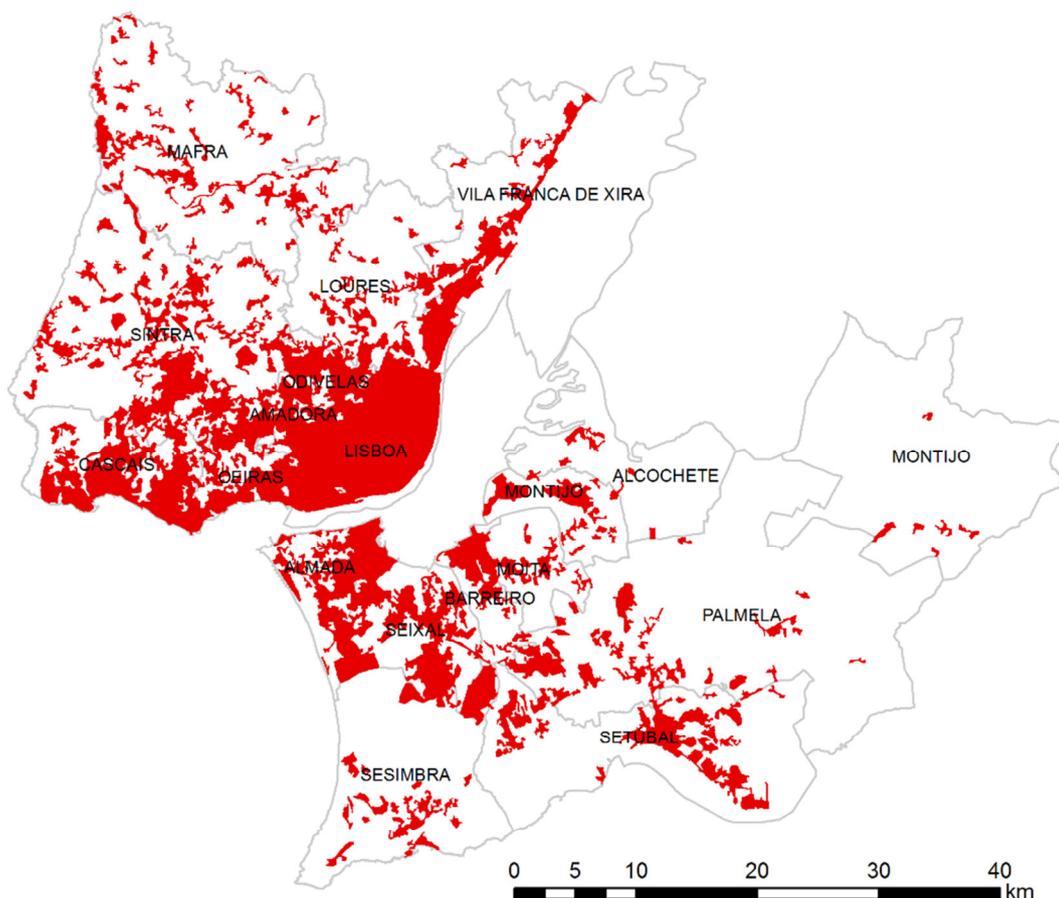


Fig. 2 - Ocupação urbana na AML em 2006

Quadro 1 - Evolução da AML (População e Area Urbana)

	Sup-Urbana 1962	Sup-Urbana 2006	Pop 1960	Pop 2011	Var Pop 1960- 2011	Var SArtif 1962-2006
AML-Norte	12177	38849	1178093	1742401	48%	219%
AML-Sul	5246	26060	326814	1079475	230%	397%
Total	17423	64909	1504907	2821876	212%	296%

No Quadro 1 percebe-se bem a evolução absolutamente extraordinária da AML. Em termos de crescimento demográfico quase duplicou (1,9x) e em termos de ocupação urbana aumentou mais do triplo (3,7x). Como seria natural esperar, após a construção dos novos atravessamentos, o crescimento a Sul foi muito superior do que ocorreu a Norte. O crescimento demográfico na AML-Norte aumentou 1,5x mas na AML-Sul (Península de Setúbal) mais do que triplicou (3,3x) concentrando-se a maioria desse aumento demográfico nos municípios do arco ribeirinho (Almada, Seixal, Barreiro, Moita, Montijo e Alcochete). Em termos de ocupação urbana a AML-Norte triplicou mas a AML-Sul aumentou 5x e aquele arco ribeirinho 4x.

Quadro 2 - Evolução da ocupação urbana na AML por concelho

MUNICÍPIOS	Sup_TOTAL_HA	Sup_ARTIF_1966	Sup_Artif/Sup_Tot 1966 (%)	Sup_ARTIF_2006	Sup_Artif 2006/1966	Sup_Artif/Sup_Tot 2006 (%)
ML-Norte						
AMADORA	2378,47	366,34	15%	1875,23	5,1	79%
CASCAIS	9740,13	1701,98	17%	5449,00	3,2	56%
LISBOA	8556,69	4170,79	49%	8556,69	2,1	100%
LOURES	16911,52	1048,12	6%	4390,32	4,2	26%
MAFRA	29165,49	1755,31	6%	3870,89	2,2	13%
ODIVELAS	2654,36	270,92	10%	1843,55	6,8	69%
OEIRAS	4588,31	743,73	16%	3148,67	4,2	69%
SINTRA	31922,71	3378,53	11%	9293,46	2,8	29%
VILA FRANCA DE XIRA	31811,68	725,95	2%	2950,51	4,1	9%
AML-Sul						
ALCOCHETE	12836,48	77,19	1%	429,91	5,6	3%
ALMADA	7020,73	557,47	8%	4210,10	7,6	60%
BARREIRO	3639,07	385,09	11%	1433,91	3,7	39%
MOITA	5525,99	254,24	5%	1096,08	4,3	20%
MONTIJO	34861,63	362,26	1%	1857,04	5,1	5%
PALMELA	46512,01	451,56	1%	3391,51	7,5	7%
SEIXAL	9549,92	258,07	3%	4620,47	17,9	48%
SESIMBRA	19547,12	324,70	2%	2536,55	7,8	13%
SETUBAL	23032,50	590,66	3%	3954,77	6,7	17%
Totais	300254,81	17422,88	6%	64908,66	3,7	22%

O Quadro 2 evidencia a evolução por concelho tornando-se evidente que na margem Sul, Almada, Seixal e Barreiro (localizados logo a seguir à Ponte 25 de Abril) são os Municípios com mais elevada % de área urbana face à sua área total.

É também conhecida a problemática associada à ilegalidade da ocupação (loteamentos e construção clandestinos) que ocorreram fundamentalmente nas décadas de 60 e 70 e do esforço de reabilitação urbana que teve de ser feito nas décadas seguintes (Figs 3 e 4).

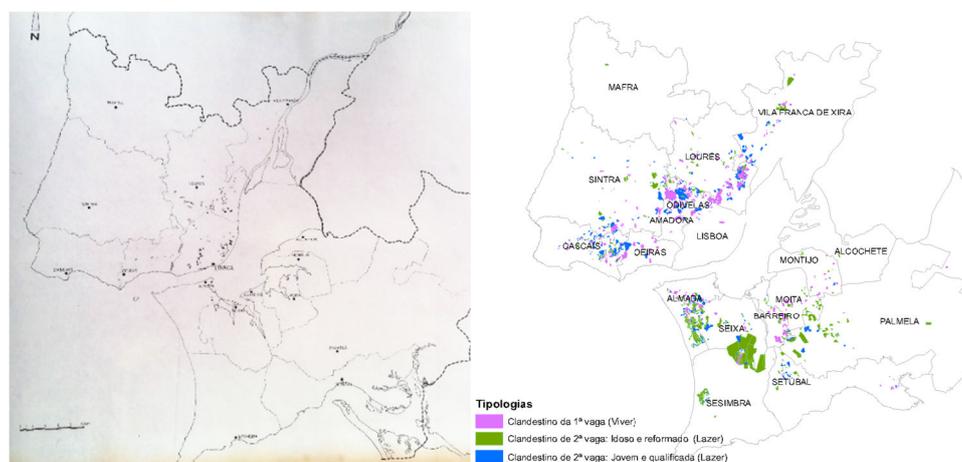


Fig. 3 - Ocupação clandestina 1962 (PDRL, 1964) e Áreas Urbanas de Génese Ilegal 2010 (Gonçalves & Silva, 2010)

Esta evolução serve para nos fazer lembrar que o desenvolvimento de uma área metropolitana com estuário, que naturalmente acontecerá especialmente quando se concretize a construção de pontes e atravessamentos, precisa de medidas de gestão e de controlo urbanístico para assegurar a qualidade desse mesmo aumento dos padrões de desenvolvimento. É isto será especialmente verdade nos territórios ainda não ocupados e que são mais susceptíveis à valorização do preço do solo e à mudança de uso, como foi o caso dos municípios da margem Sul, logo a seguir à Ponte 25 de Abril. Vale a pena acrescentar que no caso da Ponte 25 de Abril tinha sido elaborado um Plano de Desenvolvimento Regional da região de Lisboa (1964) e também no caso da Ponte Vasco da Gama tinha sido elaborado um Plano Regional de Ordenamento do Território da AML.

ESTRUTURA DA OCUPAÇÃO URBANA NA ÁREA METROPOLITANA DE MAPUTO

A AMM é constituída pelos municípios de Maputo e de Matola, e as sedes dos distritos vizinhos, Boane e Marracuene (Figura 2). A atual estrutura de ocupação urbana de Maputo é o reflexo de diferentes contextos históricos: a fase colonial (...-1975); a fase pós-independência (1975-1984); a fase neoliberal (1984-2016) [Macamo, 2003]. As fases pós-independência e neo-liberal e têm-se caracterizado por uma crescente movimentação de pessoas das regiões rurais para as áreas urbanas.

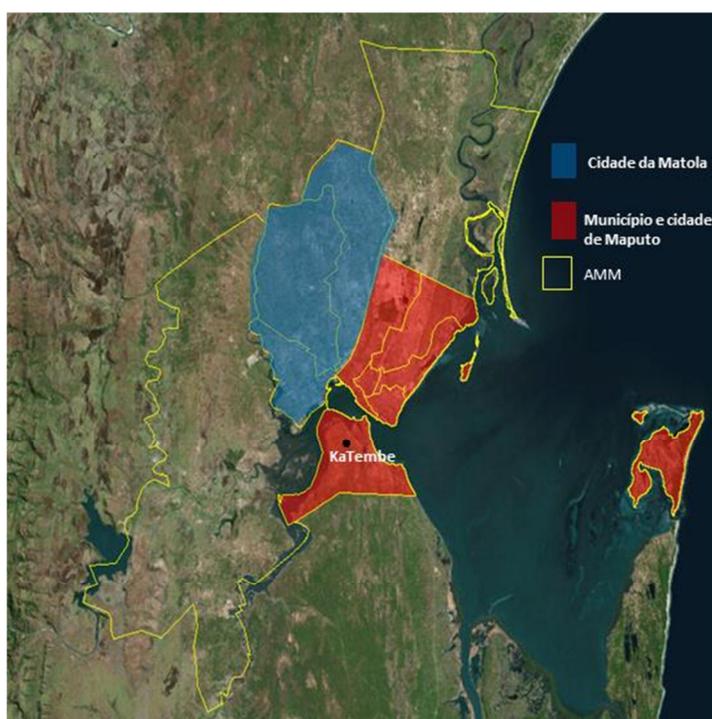


Fig. 4 - Enquadramento da área de estudo da AMM. Fonte: Adaptado com base em dados sobre a divisão administrativa disponíveis em <http://www.gadm.org/>

Caracterização geográfica da AMM

Para este artigo, foi construído em ambiente ArcGIS um modelo altimétrico com base em dados SRTM em formato matricial, com resolução de 90m (NASA, n.d.), o qual serviu como base para a obtenção de cartas de declives e orientações. De acordo com o substrato territorial

(Figura 3) ocorrem na superfície da AMM superfícies aplanadas com altitude entre 5 a 120 metros, tendo predominantemente menos de 100 metros de altitude na zona do município de Maputo.

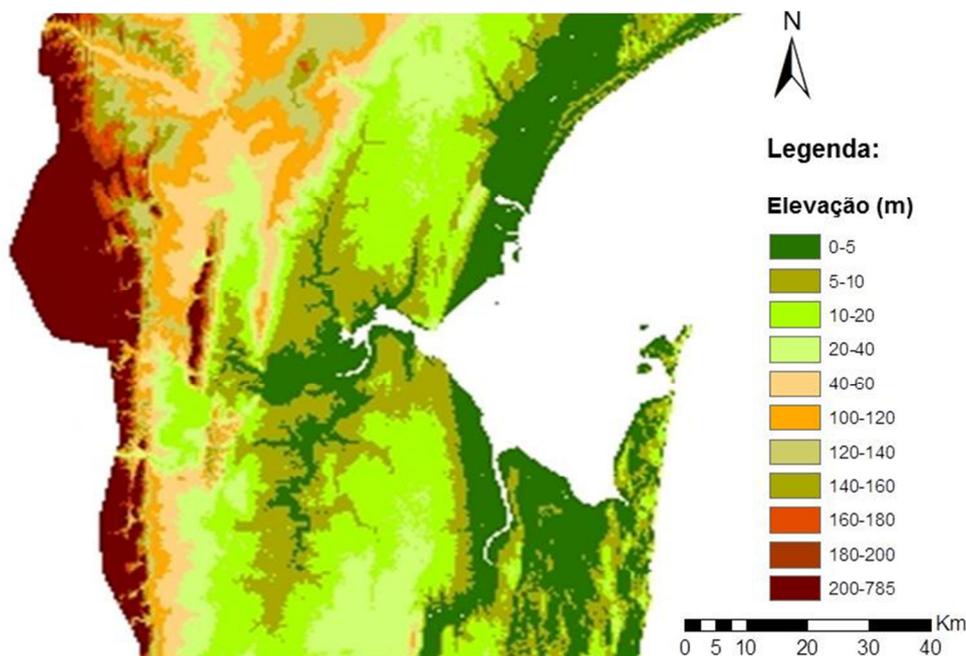


Fig. 5 - Modelo digital do terreno da AMM.

É possível também observar que toda a zona da KaTembe é relativamente baixa, tendo altitude inferior a 60 m e apresentando toda a zona ribeirinha e a baixa aluvionar da linha de água que atravessa o território com orientação Norte-Sul altimetria abaixo dos 10 m. A maior parte da zona abrangida pela KaTembe apresenta um relevo suave e aplanado, conforme a sedimentação costeira típica. A zona com altimetria mais elevada verifica-se no extremo ocidental da AMM (pertencente à província da Matola). Este substrato tem influência sobre o modelo territorial de Maputo.

A carta de declives foi obtida através do modelo altimétrico elaborado anteriormente. Consideram-se intervalos para classes de declives em função da aptidão para edificação, tomando por base os valores do Quadro Tabela 1.

Quadro 3 - Classes de declives.

Declive	Descrição	Características
0-5%	Baixo	Áreas planas (declive suave)
5-12%	Médio	Edificação sem necessidade de terraçamento do terreno
12-16%	Acentuado	Edificação com terraçamento do terreno
16-25%<	Muito acentuado	Zonas com declive muito acentuado para edificar

É de referir que, face a altimetria da área de estudo, constata-se a distribuição das classes estabelecidas para declives em termos proporcionais ao longo de toda a AMM, observando-se grandes áreas planas com declives até 5% (Figura 4).

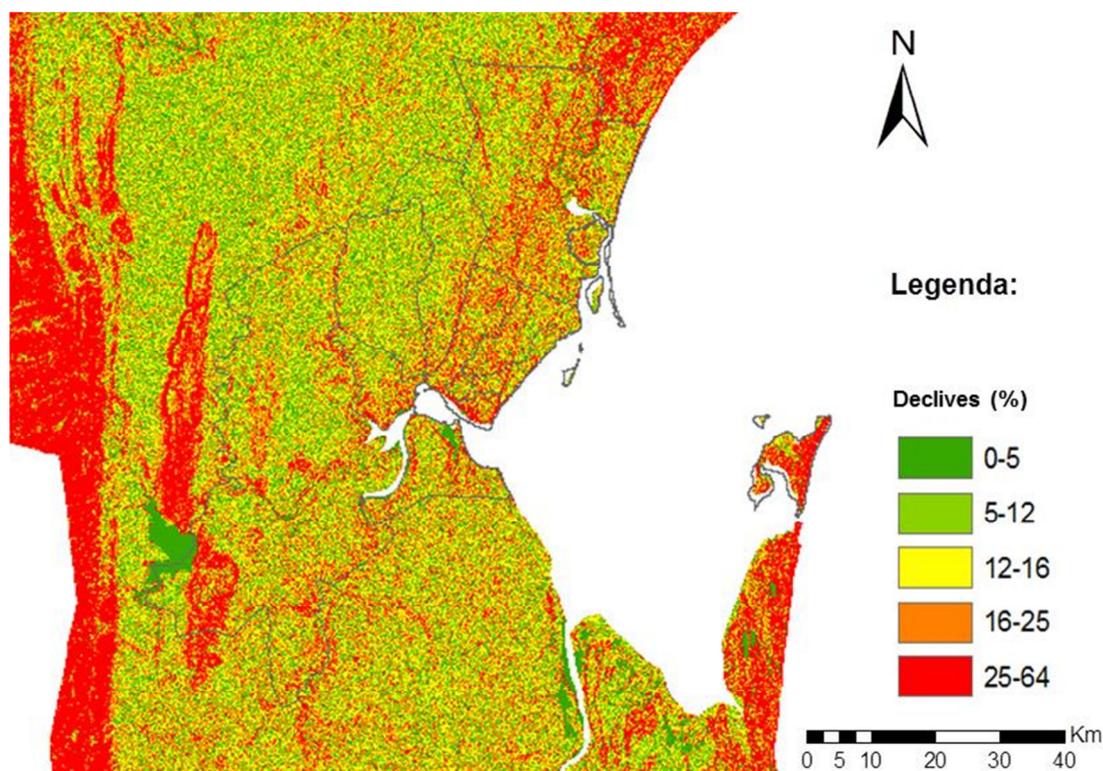


Fig. 6 - Carta de declives da AMM.

Na região da KaTembe ocorrem zonas de declives moderados de 5% a 16%, sendo que nas áreas mais declivosas há susceptibilidade à ocorrência de movimentos de massa de vertente, em particular de tombamentos e de deslizamentos de terras e detritos (Betar & Beta, 2012). As zonas com declives nulos a médios são as zonas mais baixas e as zonas com declives médios a elevados rondam entre 0 a 12%.

O cartograma de exposição solar foi gerado a partir do mesmo modelo altimétrico. Cada parte do território apresenta diferentes orientações geográficas. Com base nessa orientação, as encostas recebem uma maior ou menor quantidade de radiação solar, que influencia o conforto das edificações. A cidade de Maputo é mais húmida do que Matola (o facto de no passado a zona de Maputo ter sido um pântano que depois foi soterrado para dar lugar à cidade contribui para que a zona seja mais húmida).

Em termos de altitude, Matola tem maior área elevada. Portanto, a área municipal de Maputo no geral é predominantemente plana com boa exposição solar (Figura 5), tendo uma orientação dominante para norte e este. Em termos gerais a zona mais privilegiada é a área ocidental da AMM, tendo uma boa exposição solar.

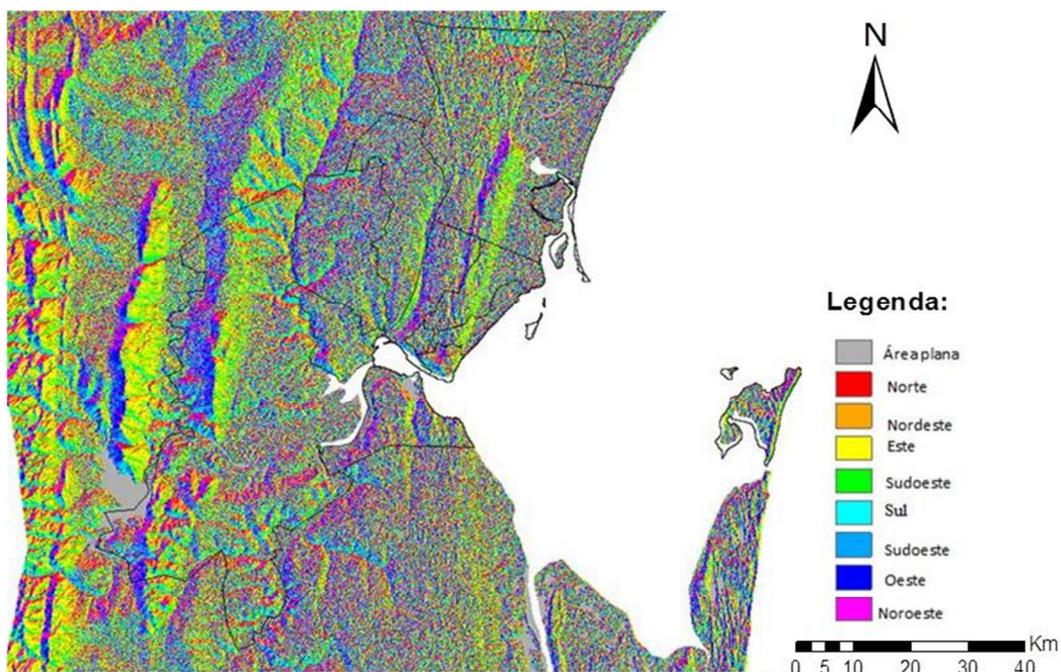


Fig. 7 - Carta de exposição solar da AMM.

O cartograma hidrográfico é formado pela rede de drenagem das águas pluviais e pelas cumeadas ou linhas de separação das águas, que delimitam as bacias hidrográficas. As principais bacias que drenam a AMM são Matola, Tembe, Maputo, e Umbeluzi e o vale de Infulene, barragem dos pequenos libombos a oeste de Matola (Figura 6). Devido à configuração do relevo a maior parte dos rios em Moçambique corre de oeste para leste, desaguando no Oceano Índico. Para além do relevo a natureza dos solos também influencia o caudal, a estrutura e o padrão da rede hidrográfica. Nas planícies formam meandros e depositam os seus aluviões ou formam lagoas e pântanos.

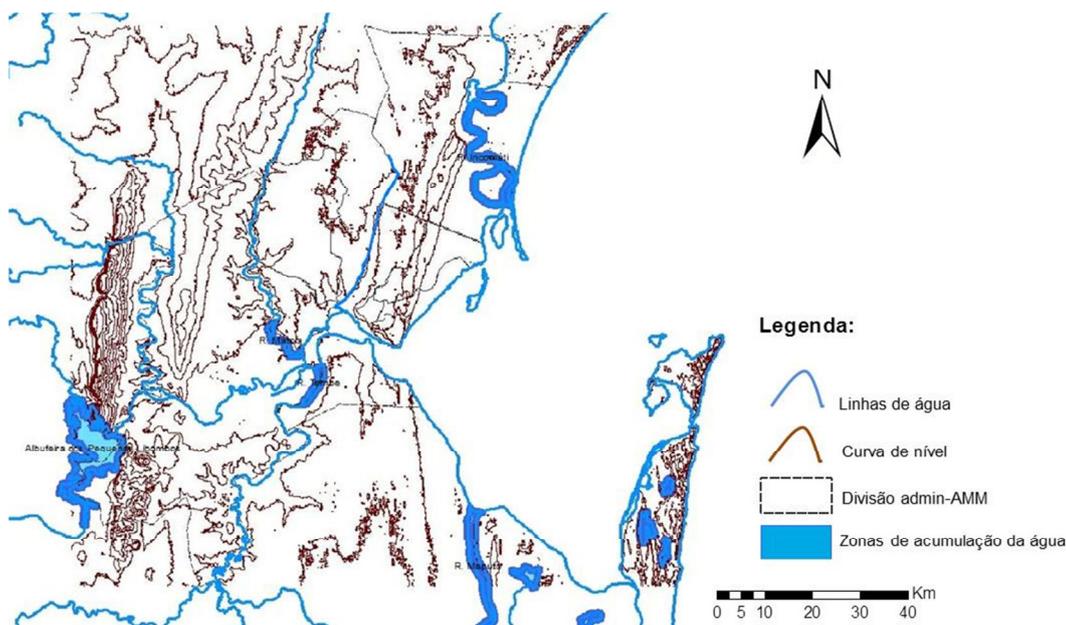


Fig. 8 - Carta de linhas de água e zonas de acumulação da água.

As características fisiográficas apresentadas permitem perceber a sua influência sobre as zonas de ocupação humana, nomeadamente quanto ao modo como foi feito o crescimento urbano e a evolução da ocupação do solo. Com base nestas características é possível efetuar uma análise quantificada de ocupação na AMM bem como uma análise de fatores de influência na ocupação do território.

CRESCIMENTO DA POPULAÇÃO

A AMM é caracterizada fundamentalmente por uma dispersão populacional no seu território, com acelerado crescimento. De 1997 a 2007 a população desta área teve um aumento de 30% e prevê-se que até 2027 venha a registar um crescimento de cerca de 68% (Figura 7). Importa referir que grande parte da população encontra-se concentrada nos municípios de Maputo e Matola; todavia, é nas periferias de Matola e nos distritos de Marracuene e Boane onde o crescimento da população é mais elevado (Macucule, 2015).

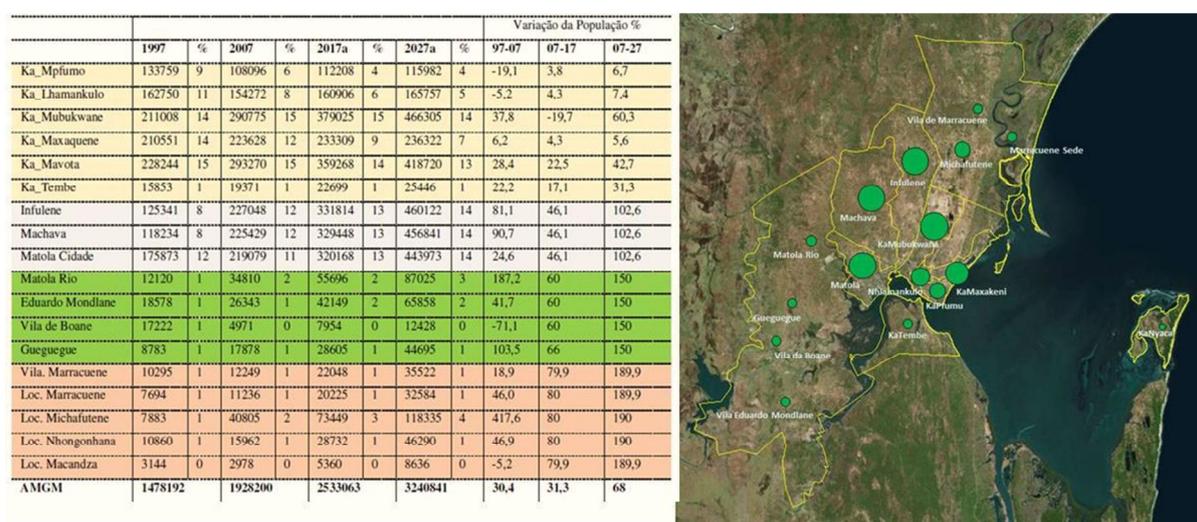


Fig. 9 - Evolução da população no Grande Maputo (AMM). Fonte: INE, 2013; CMCM, Banco Mundial 2015; UNHABITAT 2013, citados por Macucule 2015.

ESTRUTURA DA OCUPAÇÃO E ÍNDICE DE OCUPAÇÃO NA AMM

A atual estrutura de ocupação territorial de Maputo é reflexo de diferentes contextos históricos: a fase colonial que esteve na génese da sua formação; a fase pós-independência espelhada na inspiração socialista; e a fase neoliberal, onde se dá a entrada na economia de mercado no final da década de 1980. Assim, ao longo do tempo os processos e dinâmicas de intervenção urbana têm contribuído, ou sido capazes de contrariar, a dualidade socioespacial existente, acentuada pela urbanização acelerada e agravada no presente contexto de globalização neoliberal (Jorge & Melo, 2011). A ocupação urbana de Maputo atualmente encontra-se circundada por uma maior área periurbana que, segundo Raposo (cit. Jorge & Melo (2011)) assume uma importância crescente na configuração do tecido urbano, pela densidade e extensão. Se por um lado invade partes do centro, por outro vai-se urbanizando também.

A AMM é caracterizada por apresentar os maiores equipamentos e infraestruturas do país, considerando-se estes como elementos estruturantes da área (Figura 8). A rede rodoviária principal encontra-se representada em três níveis: o 1.º e o 2.º níveis compõem a rede

qualificada por ter pavimentação adequada e o 3.º nível, não qualificado por não ter pavimentação adequada, presente em KaTembe. O aeroporto internacional, de grande importância no país, encontra-se localizado em Maputo, onde também se encontra a área urbana consolidada, que representa apenas 8% do território. Este território também se encontra marcado por centralidades com locais de especial concentração de comércio, serviços e equipamentos públicos.

A maior centralidade (1.º nível) encontra-se na área consolidada, seguida de outra (2.º nível) na cidade de Matola a oeste da capital, e as restantes (3.º nível) localizam-se na sua maioria na cidade de Maputo, sendo que na cidade de Matola verificam-se apenas duas desse nível (ver a Figura 8).

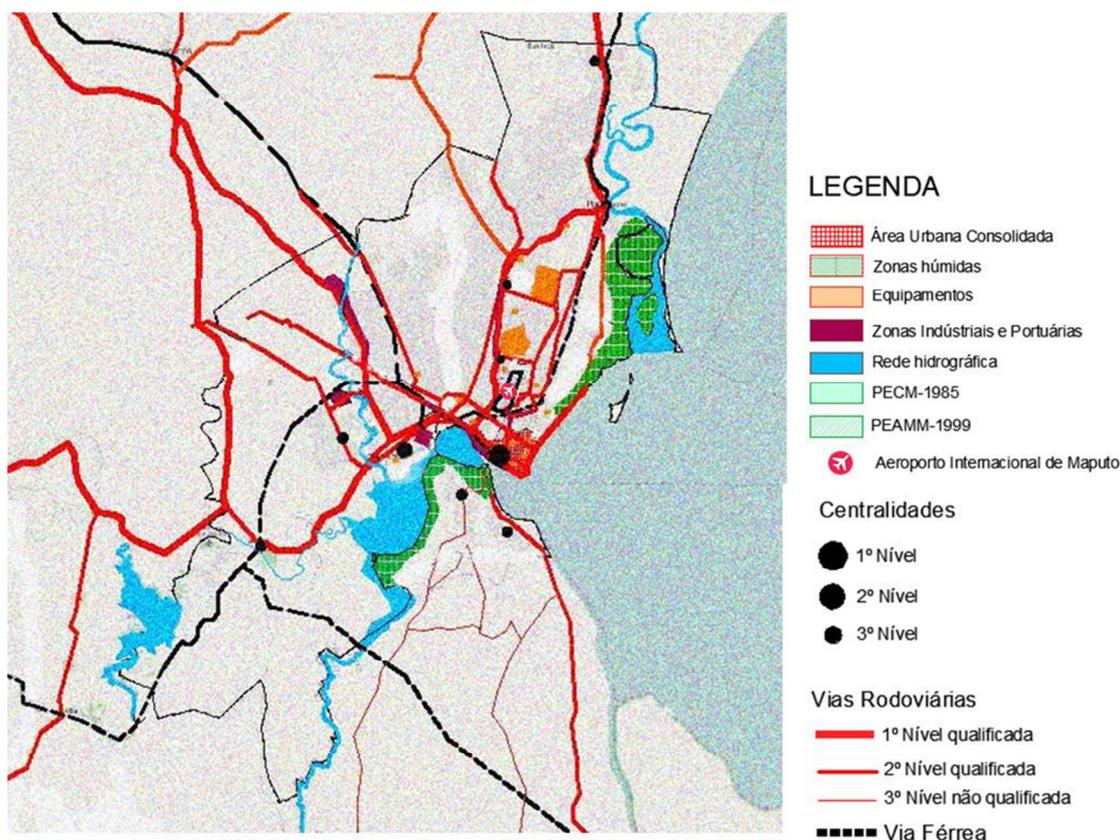


Fig. 10 - Elementos estruturantes da AMM. Fonte: Adaptado com base em PEUMM-2008 e em Streetmap View.

Os grandes equipamentos e infraestruturas encontram-se na sua maioria concentrados em Maputo. Portanto, os elementos estruturantes da AMM caracterizam-se pela grande concentração na capital, marcando grandes assimetrias em termos de distribuição equitativa dos serviços públicos.

É de notar que, devido a essas assimetrias, a população não servida por estes bens públicos opta por se instalar nas proximidades como forma de poder usufruir desses benefícios sociais. Assim, a maior parte das construções urbanas verificadas em Maputo são informais, marcando grande distinção de cidade sobretudo na capital, onde existe a chamada “cidade de cimento” e “cidade do caniço” (ver a Figura 9) que contribui na definição da malha orgânica urbana da cidade.



Fig. 11 - Perfil habitacional da cidade do cimento e da cidade do caniço. Fonte: Google Earth Pro, 2016.

A delimitação da ocupação urbana da AMM foi obtida através da classificação de imagens de satélite, com base em técnicas de deteção remota. Os resultados na aplicação destas técnicas não são absolutos, pois por um lado dependem do modo como os dados foram tratados, e, por outro, da qualidade das imagens obtidas. Há assim que considerar alguns erros e algum potencial de variabilidade dos resultados.

Com recurso às técnicas de deteção remota, o primeiro passo consistiu na obtenção de imagens de satélite Landsat TM², bandas 7, 4, 2 com referência ao ano 2016. Numa segunda fase foi efetuado o processamento e análise dos dados em ambiente SIG, tendo sido usado ArcGIS; este processo permitiu eliminar e fazer a escolha de imagens que apresentavam melhor qualidade visual, seguida de correções geométricas, radiométricas e atmosféricas. Foi usada a projeção do sistema de coordenadas UTM datum WGS-1984 Tete-36S correspondente ao sistema utilizado em Moçambique para a zona meridional do país.

De seguida, procedeu-se com a classificação de imagens³, de forma não supervisionada, na classificação não supervisionada os píxeis foram agrupados em classes de acordo com as suas características (3 cores, RGB), determinadas a partir de cálculos estatísticos. Depois de agrupados é atribuído, a cada conjunto de valores, uma determinada classe ou categoria. Em seguida procedeu-se com a correção com base no conhecimento do terreno, que foi observar a imagem satélite e observar a classificação feita. Obtida a área pretendida, construiu-se uma grelha que permitiu efetuar os cálculos sobre o índice bruto de ocupação do solo da AMM.

Os cálculos foram igualmente efetuados em ArcGIS, em ferramentas de análise espacial, resultando na produção de um índice bruto de ocupação do solo, conforme ilustrado na Figura 10 referente ao estágio atual (ano de 2016). Para determinar o índice de ocupação da área em estudo utilizou-se a seguinte fórmula:

²Imagens disponíveis em <http://earthexplorer.usgs.gov/>

³Processo que permite transformar uma imagem numérica multispectral constituída por diferentes bandas - ou multitemporal, formada por uma mesma banda de datas diferentes, numa carta temática, no decorrer do qual os objetos sobre a superfície terrestre são agrupados e identificados, de acordo com as suas características espectrais, espaciais, ou temporais, atribuindo cada pixel a uma determinada classe ou categoria previamente definida.

$$Io_b(\%) = \frac{\sum Ao}{As}, \quad \text{Onde: } \begin{cases} Io_b: \text{Índice bruto de ocupação do solo.} \\ Ai: \text{Área de ocupação humana} \\ As: \text{Área de solo} \end{cases}$$

O índice bruto de ocupação do solo diz respeito ao espaço consumido pela ocupação humana; corresponde ao quociente entre a área total de ocupação humana e a área de solo a que o índice diz respeito, expressa em percentagem. Os resultados obtidos desse processamento apresentam-se sob a forma de uma matriz (Figura 10).

As imagens analisadas trouxeram uma margem de erro aceitável, pela qualidade das imagens obtidas. A tendência à ocupação do território tem mostrado maior densificação ao longo da cidade, sobretudo no centro da cidade, devido às valências de ocupação urbanística que se podem observar nas cidades, como uma maior mobilidade e acessibilidade aos bens e serviços, e o acesso a infraestruturas básicas.

De acordo com os resultados obtidos no cálculo do índice de ocupação da área urbana (Figura 12), verifica-se que é no interior dos núcleos urbanos que existe alta densidade de ocupação, apresentando valores entre 76% e chegando a atingir os 100% de ocupação. É também visível que quanto mais nos afastamos do núcleo urbano as densidades de ocupação informal vão diminuindo, para valores de 0% a 49%; isto pode-se justificar pelo facto de existir nesses núcleos urbanos a maior concentração de bens e serviços, atraindo deste modo a população que vive distante desses núcleos, bem como o fenómeno de êxodo rural para os núcleos urbanos.

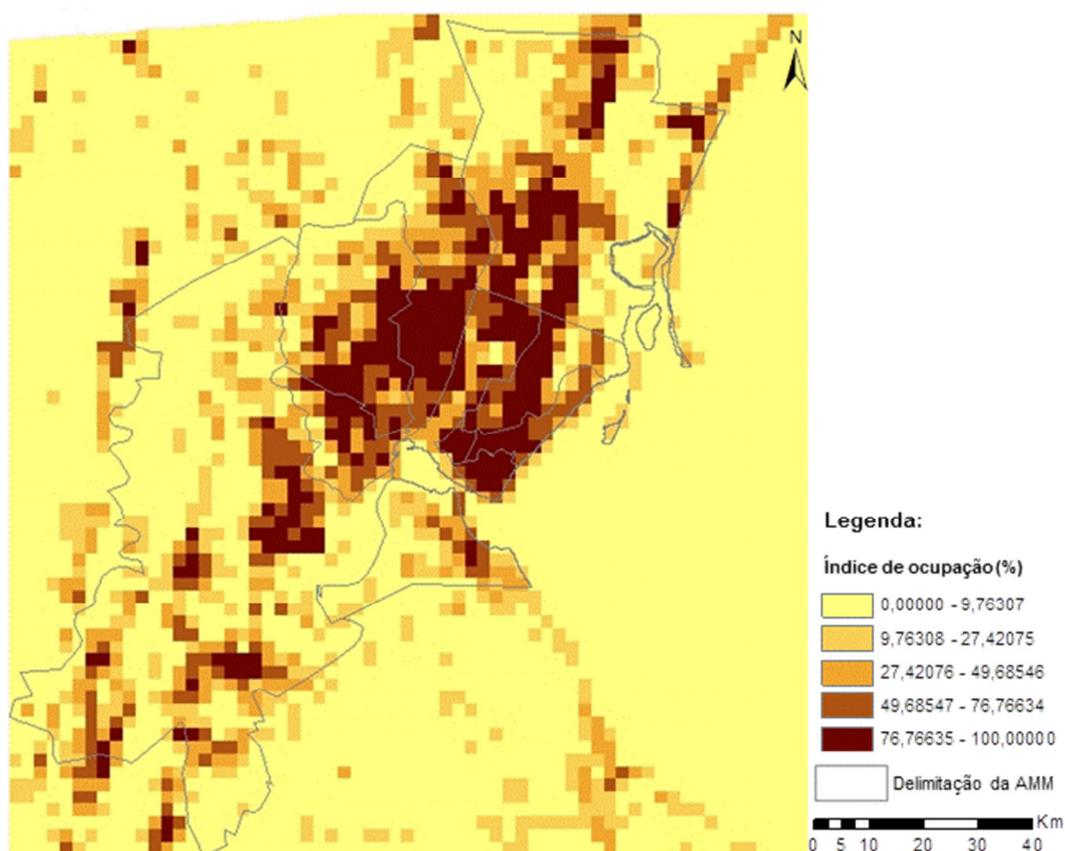


Fig. 12 - Índice de ocupação do solo na AMM em 2016.

Outro facto diz respeito à baixa densidade de ocupação dentro desses núcleos urbanos, de 9% a 27%. Melo (2015) refere que os centros destas cidades herdados do período colonial expandem-se para áreas adjacentes, fazem-se e refazem-se, decaem e renovam-se, sofrem de excesso de população ou esvaziam-se, face à emergência de novas centralidades, pelo que poderá aí residir o motivo para uma baixa densidade no interior desses núcleos. Torna-se assim evidente a fragilidade do exercício do planeamento e gestão urbanística por parte das autoridades governamentais responsáveis pela gestão do território.

Influências de ocupação do solo na AMM

Depois de obtidos estes resultados, com o auxílio do software SIG fez-se a sobreposição da Figura 11 referente aos elementos estruturantes da AMM (georreferenciação da imagem). Portanto, procedeu-se com vista à análise dos possíveis fatores que podem ter contribuído para o atual modelo de ocupação e expansão da AMM.

Segundo os resultados obtidos em 2016, denota-se na ocupação grande pressão sobre o território urbano, evidenciando que as centralidades encontram-se fortemente influenciadas pelas vias de circulação. Conforme se pode verificar na Figura 11, estas localizam-se em nós das redes viárias e também onde se localizam os grandes equipamentos públicos e infraestruturas de serviços ao público. Portanto, a concentração da população tende a ocorrer junto aos elementos estruturantes da AMM, mas é fortemente marcada pela procura de facilidade nas deslocações de pessoas, bens e serviços.

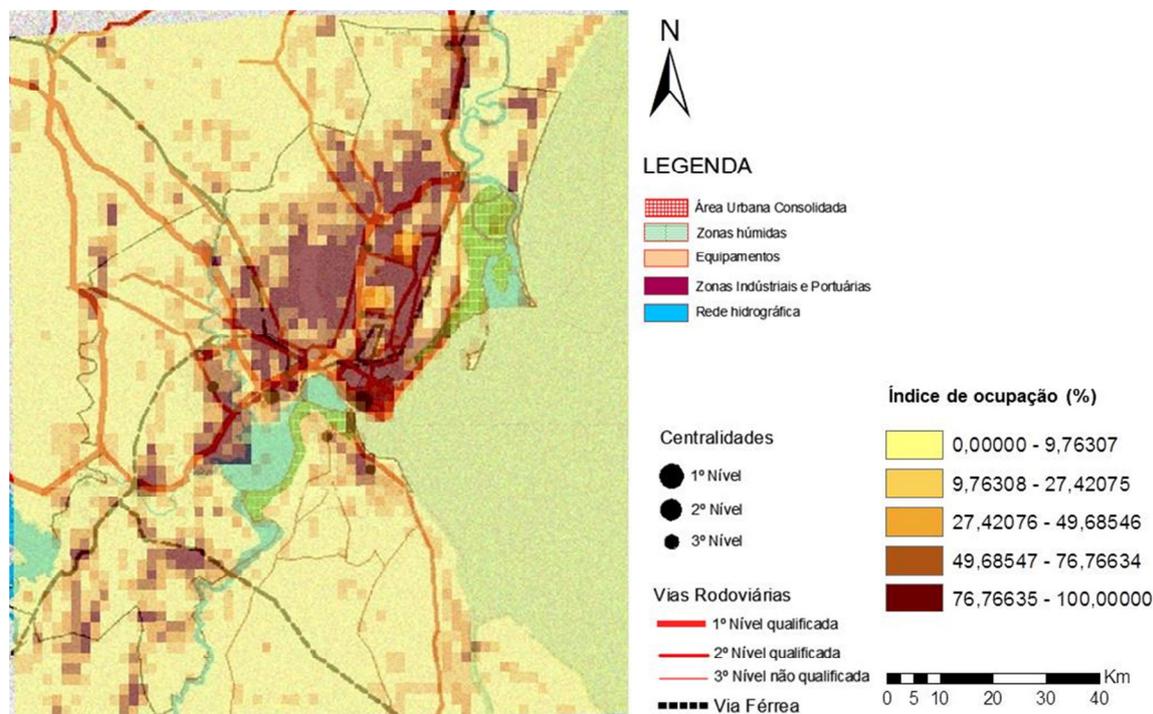


Fig. 13 - Elementos estruturantes vs. índice de ocupação do solo na AMM.

CONCLUSÕES

Ao refletir sobre a expansão urbana que se sucedeu em Lisboa no âmbito da construção da ponte 25 de Abril (que não foge muito a realidade que se espera para a KaTembe nesta perspetiva), com o objetivo de facilitar a acessibilidade e maior mobilidade entre pessoas, bens e serviços verificou-se após a sua conclusão um crescimento urbanístico abrupto triplicando aquilo que se esperava que fosse acontecer.

A Ponte sobre o Tejo em Lisboa foi apoiada por um Plano Regional (PDRL 1964) que procurou enquadrar as necessidades de infraestruturação a nível regional e propor um modelo de ordenamento. É um facto que este modelo de ordenamento falhou e os planos regionais e municipais que lhe sucederam tiveram de fazer readaptações à evolução das novas dinâmicas emergentes. Mas aquilo que era estruturante e dependia da Administração ficou salvaguardado (nova autoestrada para sul, novo comboio na ponte, estrutura viária radio concêntrica a Norte) tendo sido possível concretizar alguns desses investimentos só 30-40 anos mais tarde após adesão à CEE em 1986.

Para o caso da AMM, a não instituição e legalização de um plano metropolitano em Maputo condiciona o planeamento adequado e integrado da chamada região de Grande Maputo que devido as dinâmicas territoriais atualmente presentes constituem uma emergência na intervenção urbana de uma escala metropolitana, e não obstante estar presente a noção de cooperação inter-municipal. Por outro lado, a expansão urbana da AMM para a margem sul, exige do planeamento e ordenamento do território uma abordagem mais regional, um Plano Regional que sirva de referência para um modelo de desenvolvimento da AMM e permita salvaguardar uma rede de infraestruturas principais essenciais (acessibilidades rodoviárias e espaços verdes não artificializados) da ocupação urbanística, mesmo sabendo que elas não se poderão realizar todos de imediato.

Há que referir que no caso da margem sul da AMM, por comparação com o que aconteceu na AML, a valorização dos terrenos vai aumentar e a susceptibilidade para a mudança de uso vai surgir. No entanto há que ressaltar uma coisa importante. É que em Moçambique o solo foi nacionalizado pelo que será o Estado que controla totalmente as concessões de solo a famílias, pessoas individuais e empresas. Tanto mais que até já existe um plano de ordenamento que organiza e desenha a ocupação futura.

O problema é que o Estado não controlará a ocupação ilegal e abusiva do solo se ela adquirir uma grande expressão no terreno ao longo do tempo e, em particular se se mantiver a emigração de famílias do interior rural para a AMM. Mesmo que este solo seja público, o Estado pode não conseguir controlar a situação logo a seguir à abertura e funcionamento da ponte pelo que a problemática da ocupação ilegal e desestruturada corre o risco de se despoletar fortemente nos próximos anos se o Estado não resolver o problema da produção de habitação para responder à procura de habitação por parte das pessoas que vêm das zonas rurais.

É urgente e necessário a instituição de um plano de abrangência regional que defenda e garanta uma estrutura mínima para a AMM ao nível dos corredores ecológicos importantes,

das principais infra rodoviárias e ferroviárias e da estrutura de centros urbanos e pólos de concentração de actividade económica (industriais, portuários, serviços, etc).

REFERÊNCIAS

[1]-ARH do Tejo, I.P., 2009. O plano de ordenamento do estuário do Tejo. Saberes e reflexões. ISSN 978-989-96162-3-3. Arquivo 1647-4007.

[2]-Brockerhoff, M., 1999. Urban growth in developing countries : A review of projections. *Population and Development Review*, 25, 757-778. DOI: 10.1111/j.1728-4457.1999.00757.x

[3]-Coelho, R.M.P., Havens, K., n.d. Crise nas águas. URL: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiZ57ebmYPSAhWrB8AKHWn5DoQQFggdMAA&url=http%3A%2F%2Fflseagrant.ifas.ufl.edu%2FCriseNasAguas%2FChapter7.pdf&usg=AFQjCNGVrNzbuzdmrRYN9KpMwJs0ikBpJw&sig2=TANs8OXgKQ1tcOZCem9crQ>. [acesso em 26 de fevereiro de 2017]

[4]-Tibbetts, J., 2002. Coastal Cities. *Living on the Edge*. Nov; 110(11): A674-A681.

[5]-Give, A., 2016. Os desafios da expansão urbana nos países em vias de desenvolvimento - o caso de estudo de Maputo-KaTembe. Tese de Mestrado em Urbanismo e Ordenamento do Território, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa.

[6]-Gonçalves, J., Alves, C., Nunes da Silva, F., 2010. “Do ilegal ao formal: percursos para a reconversão urbana das Áreas Urbanas de Génese Ilegal em Lisboa” in Bogus, L. et al. (Org.), *Da Irregularidade Fundiária Urbana à Regularização: Análise Comparativa Portugal-Brasil*, S. Paulo: EDUC, pp.161-192. (ISBN: 978-852-8300-88-8)

[7]-Jorge, S., Melo, V., 2011. Processos e dinâmicas de (re) produção do espaço (peri) urbano: o caso de Maputo. *Cadernos de Estudos Africanos*. ISSN 1645-3794. (2014).P.55-77

[8]-Macamo, E., 2003. Da disciplinarização de Moçambique: ajustamento estrutural e as estratégias neo-liberais de risco. *Aficana Stud. Let.* Universidade Porto, 231-255.

[9]-Macucule, D.A., 2015. Processo-forma urbana reestruturação urbana e governança no grande Maputo. Tese de Doutoramento, Faculdade das Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa.

[10]-Moreau, M., Júnior, I.J. dos S., n.d. Urbanização e ocupação estuarina na cidade de Ituberá-ba. URL: <http://periodicos.uesb.br/index.php/asempa/article/view/3763/3446> [acesso em 05 de Março 2017].

[11]-Melo, V., 2015. A produção recente de periferias urbanas africanas. Dissertação de Doutoramento em Urbanismo, Faculdade de Arquitetura, Universidade de Lisboa.

[12]-NASA, n.d., U.S. Releases Enhanced Shuttle Land Elevation Data, URL: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/> [acesso em maio de 2016].

[13]-Silva, J. B.; Gonçalves, J. (2016) 50 anos da Ponte 25 de Abril (1966-2016) - impactes na ocupação do território. Comunicação apresentada na Palestra "Os 50 anos da Ponte 25 de Abril", Salão Nobre do IST, Lisboa, em 19/Out.

[14]-United States Environmental Protection Agency, n.d., URL: <http://www.epa.gov> [acesso em 23 de fevereiro de 2017].

UTILIZAÇÃO DOS GEOSSINTÉTICOS NA CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS E OUTRAS VIAS DE COMUNICAÇÃO

M.I.M. Pinto¹, Arminda Almeida^{2(*)}

¹Universidade de Coimbra, CEMUC, Departamento de Engenharia Civil- Coimbra, Portugal

²Universidade de Coimbra, CITTA, Departamento de Engenharia Civil- Coimbra, Portugal

(*)Email: arminda@dec.uc.pt

RESUMO

Os geossintéticos são materiais relativamente novos, mas que se têm vindo a implantar com grande sucesso devido às suas qualidades técnicas, capacidade de resposta a um conjunto alargado de problemas construtivos nas mais variadas áreas, baixo custo, e por serem de aplicação muito rápida e simples, não necessitando de pessoal especializado. Além destas características vantajosas, também a contribuição para a mitigação do impacto ambiental [Wallbaum et al., 2014] é importante: substituem materiais naturais cuja extração e transporte causam graves danos ambientais, sendo a grande maioria dos geossintéticos produzidos a partir de materiais que podem ser reciclados após utilização.

Os geossintéticos cobrem uma gama bastante alargada de funções, com grande importância no âmbito construção ou reabilitação de estradas (Figura 1 e 2), nomeadamente podem ser utilizados como reforço (Figura 3), na drenagem, na filtragem, na separação, como barreira e no controle da erosão.

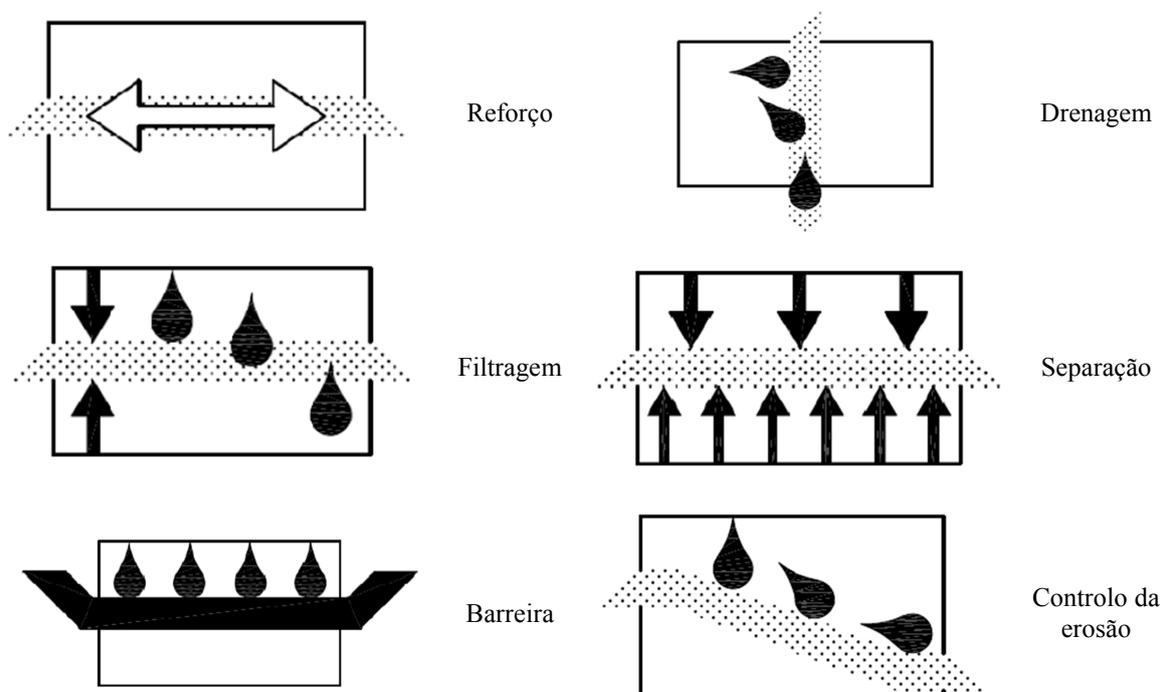


Fig. 1 - Funções dos Geossintéticos em estradas (EN ISO 10318 - 2)



Fig. 2 -Estrada fendilhada
[Watn e Hoff, 2010]



Fig. 3 - Geossintéticos utilizados como reforço
[IGS@ 2016]

O trabalho a apresentar descreve cada uma destas funções e o respetivo mecanismo responsável pela função, no âmbito desta aplicação específica, as estradas. Dá-se atenção aos critérios de dimensionamento, e às propriedades mais relevantes dos geossintéticos para o cumprimento, com eficiência, de cada uma das funções em causa. Indica-se ainda a normalização mais relevante a nível Europeu para a determinação das propriedades mais relevantes dos geossintéticos, bem como os requisitos gerais para esta aplicação em específico.

REFERÊNCIAS

- [1]-EN ISO 10318 - 2 (2015), “Geosynthetics - Part 2: Symbols and pictograms (ISO 10318 - 2: 2015)”, European Standard.
- [2]-IGS @ 2016, International Geosynthetic Society, Photo contest 2010: <http://www.geosyntheticssociety.org/photos>.
- [3]-Wallbaum H., Busser S., Itten R. e Frischknecht R. (2014), “Environmental Benefits by using construction methods with geosynthetics”, 10th International Conference on Geosynthetics, Berlim, paper 224.
- [4]-Want A. e Hoff I. (2010), “Geosynthetics for road pavements: European contributions”, 9th International Conference on Geosynthetics, Brasil, pp. 367-378.

ARTIGO REF: 6668

ANÁLISE DE RISCO COM RECURSO À METODOLOGIA FMEA DE UMA PPP RODOVIÁRIA EM MOÇAMBIQUE - PROPOSTA PARA A GRADUAÇÃO DA SEVERIDADE E OCORRÊNCIA

J. Pinto-Faria^(*)

Instituto Superior de Engenharia do Porto, Departamento de Eng^a Civil (DEC), Porto, Portugal

^(*)*Email:* jpf@isep.ipp.pt

RESUMO

As Parcerias Público-Privadas (PPP) foram apresentadas como um novo paradigma da contratação pública e, como tal, respondem à falta de recursos financeiros dos Estados, aos eventuais limites impostos ao endividamento e à tendência destes em manterem os serviços públicos.

Após décadas de forte implementação das PPP na Europa, em particular nas infraestruturas rodoviárias, e do abrandamento registado nos últimos anos, os países emergentes tornaram-se o mercado-alvo das organizações com forte capacidade de investimento nesses projetos.

A rápida expansão económica de Moçambique [The World Bank, 2016], a ampliação do país, a necessidade de garantir as acessibilidades a várias localidades, incluindo países vizinhos, bem como a possibilidade de interligação com os restantes modos de transporte [Simões, 2016], justificarão ainda mais a avaliação de futuros projetos rodoviários com recurso ao modelo de contratação das PPP rodoviárias.

Esses futuros projetos rodoviários darão sequência às perspetivas de desenvolvimento demonstradas pelo Estado Moçambicano, com o estabelecimento dum quadro legal que incentive a participação de organizações parceiras e investidores privados, com a publicação de legislação para a regulação dos projetos a desenvolver nesse sub-setor [Lei n.º 15/2011, 2011].

O Estado Moçambicano tem inscrito os projetos rodoviários nos cenários de planeamento do setor das obras públicas, num enquadramento de desenvolvimento socioeconómico das regiões e do país no global [Simões, 2016].

Nas PPP, os parceiros público e privado estabelecem um acordo para a distribuição dos riscos, transferidos do primeiro para o segundo, porque habitualmente são suportados pelo setor público. Contudo, não implica necessariamente que o parceiro privado assumira todos os riscos, ou a parte mais importante dos riscos da operação, porque essa avaliação efetuar-se-á caso a caso, em função das capacidades de cada um dos intervenientes em causa, para a avaliação, o controlo e a gestão dos riscos.

Procura-se com isto, uma vantagem comparativa face a outros modelos de contratação, que permita ao setor público poupar e ao setor privado lucrar da partilha de responsabilidades e dos riscos entre os intervenientes [Pinto-Faria, 2015].

Há dificuldades associadas a uma terminologia para o risco, devido à grande variedade de significados, dependendo do contexto (profissional ou social) em que é aplicado o conceito. Essa ambiguidade, na prática, resulta na escolha da definição mais adequada «pode afetar o resultado de debates, a alocação de recursos e a distribuição do poder político na sociedade.» [Sousa, 2000].

O risco induz um comportamento de prevenção, enquanto a incerteza induz um comportamento de precaução. A análise de risco é uma questão técnica, mas a gestão do risco é um processo do promotor, que para isso deve ser instruído e sensibilizado (MAPPP, 2011).

Face ao estágio de desenvolvimento e implementação das PPP, ao volume de negócios das parcerias já implementadas e aos diversos estudos e investigações desenvolvidos baseados em PPP internacionais, recorre-se à metodologia *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA), para dar um contributo às boas práticas de implementação das PPP rodoviárias [Pinto-Faria, 2015].

A metodologia FMEA é um processo indutivo de análise semi-quantitativa do risco, elaborada para identificar possíveis modos de falha, antes de ocorrerem os problemas, avaliar os respetivos riscos associados a esses modos de falha e identificar e aplicar medidas de mitigação das suas consequências [Pinto-Faria, 2015].

A FMEA caracteriza ou valoriza a importância de cada um dos modos de falha em análise, através do grau de ocorrência, do impacto (severidade) que impõe ao Projeto, e também, mas nem sempre, com a consideração do nível de deteção do modo de falha. São identificadas as áreas que carecem de intervenção de modo a evitar ou minimizar o resultado da ocorrência do modo de falha, garantindo maior fiabilidade ao Projeto.

Essa quantificação permite priorizar cada modo de falha, possibilitando que a organização foque as suas ações na mitigação dos principais modos de falha (EN 60812, 2006). Consegue-se, assim, estabelecer qual a área do projeto que merece maior atenção, para garantia da sua melhor operação.

Nos projetos do setor da construção nem sempre é possível estabelecer o nível de deteção dos modos de falha, pelo que será apresentado uma proposta para a graduação da severidade e da ocorrência para projetos PPP.

REFERÊNCIAS

- [1]-EN 60812. Analysis Techniques for System Reliability. Procedure for Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). Comissão Técnica 56 da International Electrotechnical Commission. (2006).
- [2]-Lei n.º 15/2011, Estabelece o Quadro Legal para a Promoção das PPP. Assembleia da República de Moçambique, 10 de Agosto. (2011).
- [3]-MAPPP. MAPPP/06-08d “Les Contrats de Partenariat-Guide Methodologique, Version du 7 Février 2011. Ministère de l’Economie, des Finances et de l’Industrie. (2011).
- [4]-Pinto-Faria, J., A Análise de Risco em Investimentos do Tipo de Parcerias Público-Privadas, Tese de Doutoramento em Engenharia Civil pela FEUP, Porto (2015).
- [5]-Simões, I. L., Gestão da Manutenção de Estradas Revestidas em Moçambique, Congresso Rodoviário Português, Lisboa, Abril de 2016.
- [6]-Silva, S., A Gestão da Atividade de Manutenção em Edifícios Públicos. Modelo de definição de estratégias para uma intervenção sustentável. Tese elaborada no LNEC para obtenção do Grau de Doutor em Engenharia Civil pela UTL no âmbito do protocolo de cooperação entre o IST e o LNEC, Lisboa (2010).
- [7]-The World Bank, Moçambique: aspectos gerais - Perspectivas Económicas, <http://www.worldbank.org/pt/country/mozambique/overview>, acedido em 12 dezembro 2016.

ARTIGO REF: 6684

POTENCIAL DE APLICAÇÃO DE ZONAS 30 E DE COEXISTÊNCIA A MOÇAMBIQUE

Ana Bastos-Silva^(*), Alvaro Seco

Centro de Investigação do Território, Transportes e Ambiente (CITTA), Universidade de Coimbra,
Departamento de Engenharia Civil, FCTUC, Coimbra, Portugal

^(*)*Email*: abastos@dec.uc.pt

RESUMO

As ruas respondem diariamente a diversas funções relacionadas com a mobilidade, acessibilidade e vivência urbana. A consciência de que o crescimento do tráfego motorizado tende a ameaçar a qualidade de vida nos espaços urbanos, foi pela primeira vez apresentada por Colin Buchanan, no Reino Unido, em 1963 [1]. Esta publicação veio evidenciar a incompatibilidade entre a fluidez de tráfego, a identidade e o desenho urbano de áreas de uso sensível, como é o caso dos espaços residenciais, comerciais e centrais [2]. De entre os diferentes problemas potenciais, a velocidade praticada pelos veículos automóveis é o que tem suscitado mais contestação populacional, traduzindo-se habitualmente na geração de conflitos, atropelamentos e, por inerência, no aumento do sentimento de segurança e perda de qualidade do ar.

A velocidade praticada em meio urbano tem por isso, em muitos países, vindo a ser considerada um problema social e de saúde pública. A prática de velocidades excessivas face ao ambiente envolvente tem assumido impactes negativos, particularmente em termos ambientais e de segurança rodoviária, com sérios impactes na qualidade de vida das populações nos espaços urbanos. A comissão europeia sublinhou recentemente a necessidade dos vários países promoverem a alteração do seu paradigma da mobilidade, assentando-o decisivamente na promoção da segurança, atratividade e funcionalidade do espaço urbano, defendendo a criação de zonas onde as pessoas possam simultaneamente viver, trabalhar e socializar.

Por outro lado, nas últimas décadas a constatação destes factos pela sociedade tem justificado a procura de estratégias e de medidas que reduzam os impactes adversos da velocidade automóvel. O planeamento urbano é considerado o instrumento com maior potencial para atingir estes objetivos através da criação de ambientes onde as pessoas possam ser consideradas como utilizadores preferenciais em detrimento do veículo automóvel. As Zonas 30 e as Zonas de Coexistência [3-5] são cada vez mais assumidas como soluções promissoras que permitem combinar a gestão do tráfego com o desenho urbano de forma a condicionar a velocidade e o volume de veículos motorizados nos espaços urbanos mais nobres e sensíveis, e, assim, se promover a segurança e atratividade desses espaços.

Em Portugal, a recente alteração ao Código da Estrada (Lei n.º 72/2013, de 3 de setembro - Décima terceira alteração ao Código da Estrada, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 114/94, de 3 de maio, e primeira alteração ao Decreto -Lei n.º 44/2005, de 23 de fevereiro) veio institucionalizar um novo regime de circulação intitulado de Zonas de Coexistência, estando em preparação a correspondente regulamentação.

Em Moçambique, desconhece-se a existência de legislação ou de qualquer documentação técnica que regule ou oriente a aplicação deste tipo de soluções, apesar de dispor de áreas residenciais, cujas características físicas e de ordenamento urbano propiciarem este tipo de utilização.

Nesse contexto, o presente artigo apresenta uma breve síntese dos documentos técnicos desenvolvidos recentemente para a Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR) [6,7] e que pretendem encorajar as autoridades locais a implementarem este tipo de soluções de forma adequada e eficiente. Paralelamente pretende-se avaliar, tendo por base as formas urbanas mais comuns e as especificidades locais moçambicanas, o potencial de aplicação deste tipo de soluções, estratégias e medidas, à realidade local.

Tendo por base um conjunto de disposições técnicas destinadas ao uso de planeadores, projetistas e gestores da via pública, as estratégias e regras enunciadas pretendem estimular a conceção de soluções inovadoras que promovam o uso conjunto e harmonioso do espaço público pelos diversos utilizadores, contribuindo ainda para a padronização das soluções técnicas.

REFERÊNCIAS

- [1]-Buchanan C. Traffic in Towns. UK: Department of Transport; 1963.
- [2]-Barrell JM, Groll M. Home zones - Meeting the challenge. 2005.
- [3]-DfT. Manual for Streets. Thomas Telford Publishing, London, 2007.
- [4]-DfT. Traffic Advisory Leaflet 7-91 - 20 mph Speed Limit Zones, 1991.
- [5]-Elvik, R. Area-wide urban traffic calming schemes: a meta-analysis of safety effects. Accident Analysis & Prevention, No. 33, 2001, pp. 327-336.
- [6]-ANSR. Zonas Residenciais e de Coexistência. Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária, 2014.
- [7]-ANSR. Zonas 30. Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária, 2015.

ARTIGO REF: 6693

PROJEÇÃO A MÉDIO/LONGO PRAZO DA MOBILIDADE EM ÁREAS METROPOLITANAS EM PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO: O CASO DO MAPUTO

Alvaro Seco^{1(*)}, António Matos², Ana Bastos-Silva¹

¹Centro de Investigação do Território, Transportes e Ambiente (CITTA)

Universidade de Coimbra, Departamento de Eng^a Civil, FCTUC, Coimbra, Portugal

²Universidade Eduardo Mondlane, Departamento Eng^a Mecânica, Maputo, Moçambique

(*)*Email*: aseco@dec.uc.pt

RESUMO

Uma característica comum às Áreas Metropolitanas em países em desenvolvimento prende-se com o facto de estes países estarem generalizadamente envolvidos em processos acelerados de afluxo das populações aos centros urbanos, e particularmente aos grandes centros, decorrentes das dinâmicas sociais e económicas. No caso de Moçambique este processo tendeu a manifestar-se de uma forma ainda mais aguda devido ao período prolongado durante o qual sofreu com situações de conflito armado que tendem a reforçar esta tendência natural.

Em paralelo, decorrente do normal e desejável desenvolvimento económico, que gera um crescimento da riqueza disponível pelos cidadãos, tende a registar-se um crescimento rápido, embora com intensidades algo variáveis, das taxas de motorização registadas nos países, e em particular nas áreas metropolitanas de maior dimensão e, tendencialmente, mais dinâmicas.

No entanto, estas dinâmicas aceleradas são normalmente acompanhadas dum deficit de caracterização e monitorização da realidade e de disponibilidade de modelos credíveis que permitam a projeção dos níveis de mobilidade esperáveis no médio e longo prazo.

No presente estudo aproveitaram-se as estatísticas e projeções demográficas disponíveis para Moçambique (INEa,b,c 2010), e estatísticas relevantes relativas à generalidade dos países disponibilizadas pelo Banco Mundial (World Bank, 2013), para através de um processo de benchmarking, se identificar a tendencial relação entre as taxas de motorização automóvel dos países e, particularmente, a riqueza média dos seus cidadãos, mas também as opções aí adotadas de ordenamento do território e de planeamento dos sistemas de transportes.

As relações assim explicitadas foram usadas para preparar projeções de médio e longo prazo para os níveis de motorização automóvel previsíveis para a Área Metropolitana de Maputo.

As tendências explicitadas na figura 1 mostram claramente uma relação positiva não linear entre o PIB per capita e a taxa de motorização. No entanto, mostram também de forma clara a existência de um nível de variabilidade significativa entre países com níveis de riqueza semelhantes e níveis de motorização significativamente diferentes, o que indicia a existência de outros fatores relevantes para explicar os padrões de mobilidade observados.

O documento “Mobility in Cities” (UITP, 2005) apresenta um conjunto alargado de estatísticas que mostram que uma parte significativa das diferenças que se observam ao nível das repartições modais registadas pode ser explicada por fatores ligados à riqueza das populações (eg representada indiretamente pela taxa de motorização verificada), mas também por fatores ligados à organização do território (eg os níveis de densidade urbana) e,

particularmente, às políticas de mobilidade vigentes ou ausentes (eg. nível de oferta dos transportes coletivos ou velocidades comerciais e tempos de viagem porta-a-porta relativos entre o automóvel e os transportes coletivos. A partir dos dados contidos no mesmo documento (UITP, 2005) selecionou-se um conjunto de áreas metropolitanas de diversos países (ver figura 2), que podem ser consideradas *benchmarks* relativos ao que se pode esperar em termos de mobilidade da implementação de diferentes modelos de política de mobilidade.

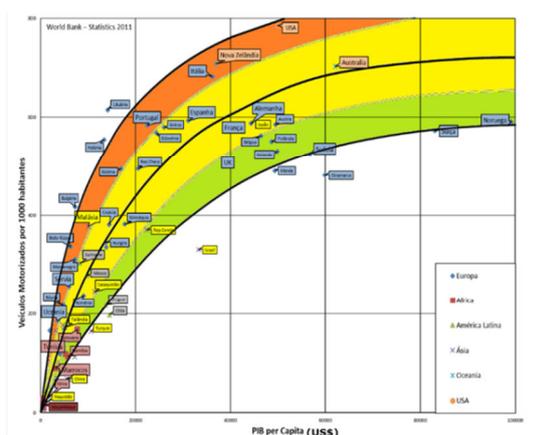


Fig. 1 - Relação entre o PIB per capita dos países e a sua taxa de motorização (Fonte World Bank, 2013)

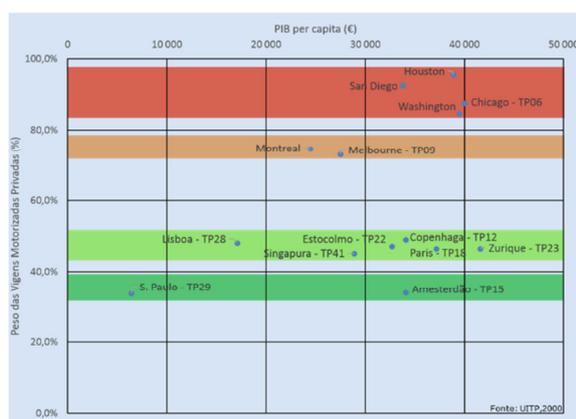


Fig. 2 - Peso do tráfego motorizado privado função do PIB - cidades de referência (fonte UITP, 2005)

A partir das linhas de tendência apresentadas pelos dados da Figura 1, e tendo por base o ponto de partida demográfico e de desenvolvimento de Moçambique, o presente artigo apresenta projeções base (designadas de neutras), de médio-longo prazo aplicáveis à Área Metropolitana de Maputo relativas à evolução previsível para a respetiva taxa de motorização e correspondente parque automóvel, sendo também definidos dois cenários alternativos (conservador e otimista) a 20 anos.

REFERÊNCIAS

- [1]-INE (a), Projeções Anuais da População Total, Urbana e Rural, dos Distritos da Cidade de Maputo 2007 - 2040, Instituto Nacional de Estatística de Moçambique, 2010.
- [2]-INE (b), Projeções Anuais da População Total, Urbana e Rural, dos Distritos da Província de Maputo 2007 - 2040, Instituto Nacional de Estatística de Moçambique, 2010.
- [3]-INE (c), Projeções Anuais da População Total, Urbana e Rural 2007 - 2040, Instituto Nacional de Estatística de Moçambique, 2010.
- [4]-UITP, Mobility in Cities - Database, 2005.
- [5]-World Bank, World Development Indicators, 2013.

ARTIGO REF: 6700

REABILITAÇÃO DE PONTES DE BETÃO ARMADO EM MOÇAMBIQUE

Tiago Mendonça^{1(*)}

MZ BETAR Engenheiros e Consultores Lda, Director Técnico e CEO

Maputo, Moçambique

(*)*Email*: consultores@betar.pt

RESUMO

O presente artigo refere-se aos trabalhos de reabilitação realizados em três pontes construídas em betão armado em Moçambique. As pontes em consideração são a ponte de Inharrime (construída em 1951 e alargada em 1970) e a ponte de Chicumbane (1960), ambas inseridas na estrada N1 nas províncias de Inhambane e de Gaza, respectivamente, e a ponte Norte sobre a baixa do rio Messalo (1962), por sua vez inserida na estrada N380 em Cabo Delgado.

Estas pontes foram intervencionadas entre 2014 e 2015 devido à ocorrência de fenómenos extremos que danificaram gravemente alguns dos seus componentes e impediram temporariamente a sua utilização. Face à sua localização estratégica e à importância para a comunicação e estabelecimento de relações comerciais entre núcleos populacionais e províncias, houve que intervir com carácter de urgência.

Regista-se que nos últimos anos o tipo de fenómenos extremos que originaram estes danos ocorre gradualmente com maior intensidade e frequência. Os danos que são infligidos às estruturas também sucedem, infelizmente, de forma cíclica e recorrente, estando-lhes associados avultados custos quer para a sua reparação imediata quer aqueles devidos à interrupção da exploração das obras, por vezes com duração prolongada, e que afectam impreterivelmente o crescimento económico do país.

No caso das pontes de Chicumbane e de Inharrime tinham vindo a ser efectuadas reparações pós-calamidade ao longo do tempo, em particular, nos seus aterros de acesso. Mas a duração dessas intervenções demonstrava-se ineficaz visto que eram periodicamente destruídas (Figura 1). No terceiro caso, pelas particularidades da ponte sobre o rio Messalo e pela violência das cheias que ocorreram em Março de 2014, e que ditaram o colapso de parte da estrutura, a interrupção de tráfego tornou-se permanente (Figura 2).

Neste artigo são desenvolvidos os principais aspectos referentes à inspecção das pontes, é feita a relação das suas características com as acções externas devidas, sobretudo, ao vento e ao escoamento torrencial em período de cheia, e são detalhados os aspectos da intervenção de reparação e de reforço tendo em vista conferir resistência e durabilidade às estruturas.

A ponte de Inharrime situa-se no litoral na ligação entre duas lagoas - Manjacaze (a Poente) e a Poelela (a Nascente) - e está sujeita à erosão hídrica, eólica e à agitação marítima sobre os aterros de acesso. Por outro lado, as lagoas apresentam quer erosão do leito quer assoreamento. Foram realizadas diversas intervenções de estabilização e protecção dos taludes desde a sua construção mas sem carácter definitivo. A intervenção preconizada consistiu, na sua essência, na reparação de anomalias nas estruturas de betão armado, na execução de molhos de protecção marítima para estabilização de aterros e na colocação de colchões de protecção do leito das lagoas.

A ponte de Chicumbane foi construída com 5 vãos contínuos realizados em laje maciça, suportados em pilares do tipo parede, por sua vez fundados em estacas cravadas, e apoiados em encontros do tipo perdido, por sua vez formados por montantes inclinados para distribuição de cargas às fundações indirectas. A zona onde se localiza é muito susceptível a fenómenos de erosão do leito e dos taludes que estão associados à ocorrência de cheias. Estas foram especialmente gravosas em 1977, 1996 e em Janeiro de 2013, episódio último que arrasou as soluções de reforço implementadas em 2000 e causou a erosão dos taludes de acesso e expôs a estrutura dos encontros. Foram detectados danos estruturais nos montantes que ditaram o seu reforço estrutural e foi executado um encamisamento de protecção para cada encontro.

A ponte Norte sobre o rio Messalo foi executada à semelhança dos viadutos da baixa de Chicumbane. Devido às fracas capacidades das camadas aluvionares a estrutura consiste em vãos curtos isostáticos apoiados em pilares laminares por sua vez fundados em sapatas muito amplas que formam um ensoleiramento geral de espessura variável e que permite reduzir as tensões de contacto e, ainda, acomodar, até certo ponto, deformações diferenciais. Contudo, nas cheias de 2013 a infra-escavação ditou o colapso sucessivo de diversos vãos. Face, por um lado, à limitação de meios disponíveis para a execução de fundações profundas e à dificuldade decorrente da enorme profundidade a que estão situados os estratos resistentes e, por outro lado, ao diminuto nível de tensões admissível nas aluviões, agravado a urgência da execução da obra em época seca a ANE (cliente) optou por utilizar estruturas que detinha em acervo. Foi então, definida uma estrutura de carácter provisório tipo *bailey* com 2 vãos, para estabelecer a continuidade entre as margens. De forma a conferir-lhe durabilidade para a época de estio e incrementar a capacidade de suporte das aluviões, foi realizada a substituição de solo com enrocamento seleccionado envolto em mantas geotêxtil.



Fig. 1 - Vista da ponte de Inharrime antes da intervenção e vistas aéreas da evolução da erosão nos anos de 2004, 2011 e 2013.

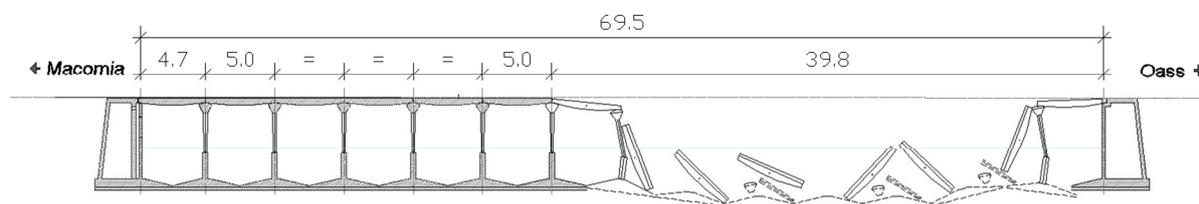


Fig. 2 - Interpretação do colapso parcial da ponte Norte sobre o rio Messalo ocorrido em Março de 2014.

Por último, nas intervenções preconizadas nos projectos aqui apresentados, e já implementados, procurou-se actuar de forma duradoura e a dotar as estruturas da resiliência necessária a fenómenos naturais extremos. No caso particular da ponte sobre o rio Messalo a solução encontrada consistiu num compromisso entre durabilidade e os meios e materiais de construção disponíveis no local para uma intervenção de carácter urgente.

ARTIGO REF: 6708

POLÍTICAS SUSTENTÁVEIS DE TRANSPORTES EM ÁREAS METROPOLITANAS EM PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO: O CASO DO MAPUTO

Alvaro Seco^{1(*)}, Ana Bastos-Silva¹, António Matos²

¹Centro de Investigação do Território, Transportes e Ambiente (CITTA)

Universidade de Coimbra, Departamento de Eng^a Civil, FCTUC, Coimbra, Portugal

²Universidade Eduardo Mondlane, Departamento Eng^a Mecânica, Maputo, Moçambique

(*)*Email*: aseco@dec.uc.pt

RESUMO

O ritmo de crescimento das Áreas Metropolitanas, particularmente em países em desenvolvimento, é tendencialmente muito rápido, decorrente da confluência de um rápido crescimento demográfico, de um processo muito rápido de urbanização da sociedade. Este fenómeno associado a um crescimento acelerado da taxa de motorização automóvel decorrente da crescente afluência da população tende a gerar um crescimento explosivo e descontrolado do tráfego motorizado e, por inerência, dos níveis de congestionamento. As autoridades responsáveis apresentam grande dificuldade em dar uma resposta cabal ao nível da construção das relevantes infraestruturas, nomeadamente por dificuldades de financiamento, mas também ao nível da definição e implementação de políticas eficientes e sustentáveis de transportes, e ao nível do planeamento das relevantes medidas de política e soluções.

Assim, um dos grandes desafios perante este tipo de situações consiste não apenas na capacidade de identificar e promover as soluções mais eficientes e sustentáveis, mas também na definição de uma estratégia e programação de implementação das medidas que seja financeiramente suportável.

No presente artigo, faz-se uma breve revisão do que se considera serem as opções de mobilidade eficientes e sustentáveis aplicáveis a diferentes ambientes dos espaços urbanos (Seco e Bastos-Silva, 2010) e do tipo de padrões de mobilidade passíveis de serem obtidos (UITP, 2005), abordando-se ainda a importância de integração das opções de ordenamento do território e de ordenamento da mobilidade.

Como enquadramento desta questão, faz-se uma apresentação daqueles que são os diferentes modos de transportes que, normalmente de forma mais ou menos integrada, tenderão a fazer parte de soluções que concretizem estas opções de política de mobilidade. Faz-se particular referência às características fundamentais e potencial de desempenho (ver figura 1 baseada em Vuchic, 2007), bem como condições tendenciais de aplicabilidade dos principais modos alternativos ao automóvel, nomeadamente os modos ditos suaves (peões e bicicletas) e os modos de transporte coletivo, BRT, Metro Ligeiro e Metro Pesado ou Comboio Regional.

Finalmente, apresenta-se um conjunto de princípios de programação do faseamento e encadeamento da implementação das diferentes medidas e soluções de mobilidade, de forma a que, a sua implementação seja económica e financeiramente viável e o seu retorno seja tendencialmente maximizado. Usando o caso da Área Metropolitana do Maputo como

referência e o caso da Área Metropolitana de Lisboa em Portugal como Benchmarking (ver figura 2), procura-se ilustrar alguns dos desafios envolvidos.

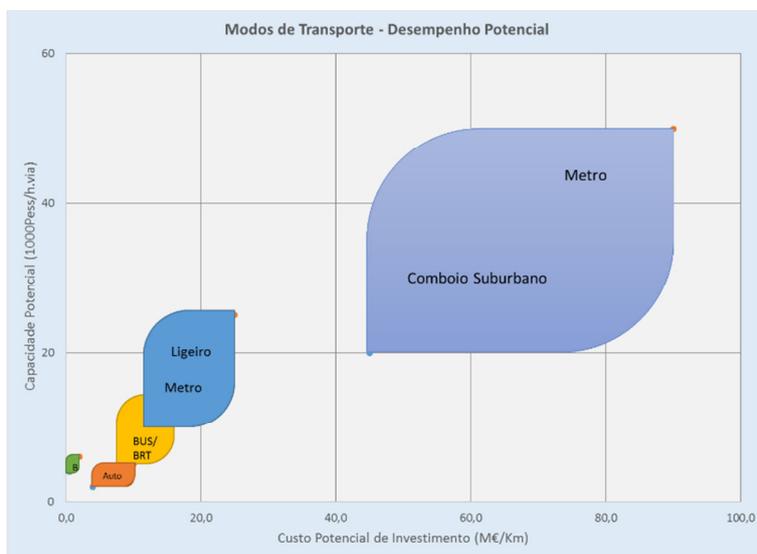


Fig. 1 - Modos de Transporte - Desempenho Potencial (adaptado de Vuchic,2007)



Fig. 2 - As redes de Metro e Ferroviária Pesada nas Áreas Metropolitanas do Maputo e Lisboa

REFERÊNCIAS

[1]-Seco A.J.M.; Bastos-Silva A.M.C., “Efficient Solutions for Urban Mobility - Policies, Strategies and Measures”, Cap. 12 - pp. 181-204 do livro "Methods and Techniques in Urban Engineering" - Editor: Armando Carlos de Pina Filho and Aloisio Carlos de Pina; Publisher: InTech; ISBN 978-953-307-096-4, Hard cover, 262 pages; May 2010.

[2]-UITP, Mobility in Cities - Database, 2005.

[3]-Vuchic V. R.. Urban Transit Systems and Technology, Ed: John Wiley & Sons, Inc, 2007.

ARTIGO REF: 6720

NOVA PONTE DE BOANE AO KM 37+700 DA LINHA DE GOBA EM MOÇAMBIQUE

Tiago Mendonça^(*)

MZ BETAR Engenheiros e Consultores Lda, Director Técnico e CEO, Maputo, Moçambique

^(*)Email: consultores@betar.pt

RESUMO

O Presente artigo refere-se à nova Ponte Ferroviária sobre o Rio Umbelúzi, localizada ao Km 37+700 da Linha de Goba, em Moçambique. A linha ferroviária de Goba, efectua a ligação entre o porto de Maputo e a Suazilândia, representando elevada importância para países interinos sem ligação a portos internacionais. Devido às actuais necessidades de tráfego para transporte de mercadorias e passagem, tornou-se premente o aumento da tonelagem da linha.



Fig. 1 - Linha de Goba - Antiga Ponte de Boane sobre o rio Umbelúzi.

A ponte antiga apresentava-se num estado avançado de deterioração, em resultado de uma insuficiente manutenção, ao longo dos anos, e de inúmeros embates de comboios, devido a limitações de *gabarit* vertical e horizontal, impostos pela estrutura metálica (figura 1). Da análise realizada à capacidade de carga da ponte existente, verificou-se a nível estrutural que a mesma não permitia dar resposta ao aumento de tonelagem objectivo para a linha, de 20 ton/eixo. Uma intervenção de reabilitação da ponte existente representaria um baixo custo-benefício, tendo o cliente optado pela realização de uma nova obra de arte.

A nova ponte apresenta-se em via balastrada e localiza-se 15m a jusante da travessia actual. Desenvolve-se ao longo de 4 vãos centrais de 60m e tem 2 vãos de extremidade com 50m, num total de 340m.

O novo tabuleiro consiste numa solução mista aço-betão, com duas vigas metálicas de alma cheia e com altura constante de 2.7m, travadas com sistema de carlingas, diafragmas e contraentamentos (figura 2)

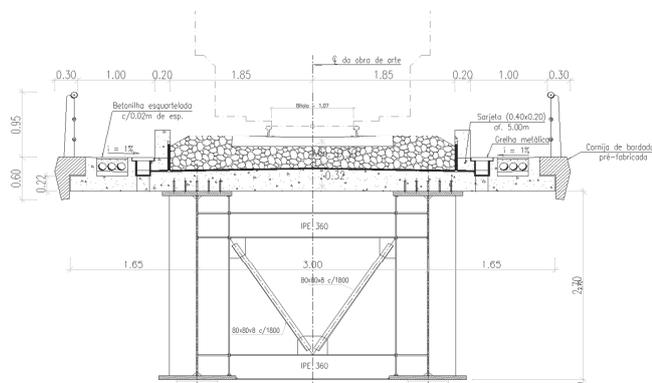


Fig. 2 - Secção transversal do novo tabuleiro

A laje do tabuleiro é constituída por painéis pré-fabricados de betão armado. Os pilares com 5.00m x 2.00m estão fundados indirectamente através de um maciço de encabeçamento, com

7.50x7.50mx2.50m, sobre 4 estacas com $\phi=1.50\text{m}$. Estes foram posicionados a montante dos existentes, por forma a minimizar os impactos no escoamento do Rio.

Para cumprir os limites dos deslocamentos horizontais regulamentares do tabuleiro, foi necessário materializar bloqueadores e aparelhos de dilatação de via colocados nos encontros.

Os Encontros são do tipo aparente constituídos por muros de testa, mesa de apoio e muros laterais. O perfil geológico impõe ao Encontro E1 fundação directa e ao Encontro E2 fundação sobre 6 estacas com 1.50m de diâmetro. O encontro E1 fixa o tabuleiro longitudinalmente, para as acções rápidas, por intermédio de bloqueadores.

Atendendo à dimensão dos vãos, à profundidade e largura do leito do Rio Umbelúzi e à dificuldade de acesso ao leito do rio, optou-se pelo método construtivo de Lançamento Incremental (figura 3).



Fig. 3 - Lançamento incremental implementado em obra

As concordâncias do novo traçado com aquele que está implementado na linha de Goba, foram realizadas a Norte, lado de Maputo, a 675m do encontro E1. A Sul, no lado de Goba, a ligação é realizada a 550m do encontro E2. A ponte entrou em exploração em Setembro de 2016 (figura 4).



Fig. 4 - Aspecto final da obra

Por último, o recurso a estrutura mista com painéis pré-fabricados, traduziu-se numa solução de elevada qualidade e rapidez de execução. A execução da nova ponte fora do alinhamento da ponte existente e a uma distância reduzida, possibilitou a realização da maioria dos trabalhos sem perturbação do tráfego ferroviário. A localização escolhida para a ponte permitiu, ainda, aproveitar o canal ferroviário e minimizar os impactos sociais nas populações locais.

ARTIGO REF: 6751

A SEGURANÇA E SAÚDE NA CONSTRUÇÃO: BREVE ANÁLISE DA SITUAÇÃO EM MOÇAMBIQUE

Carlos Igreja¹, António S. Matos², Miguel Tato Diogo¹ Joaquim Góis¹

¹Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia - Porto, Portugal

²Universidade Eduardo Mondelane, Faculdade de Engenharia - Maputo, Moçambique

(*)*Email*: igreja.carlos@gmail.com

RESUMO

O sector da construção tem características muito próprias que o distinguem dos outros sectores de actividade, sendo que as mesmas também podem variar conforme a localização geográfica da obra.

O peso desta actividade é importante na economia de qualquer país. No caso de Moçambique, enquanto país que tem registado níveis de desenvolvimento significativos, é inquestionavelmente uma actividade charneira nesse desenvolvimento.

A necessidade urgente de dotar e reforçar o país com as infraestruturas rodoviárias, ferroviárias, portuárias, abastecimento de águas, esgoto, abastecimento de energia e edifícios em geral, que suportam o desenvolvimento, obrigam a um forte crescimento do sector.

Em paralelo com a crescente importância da construção a nível da economia nacional, importa igual relevância na diminuição da sinistralidade laboral.

É proposta a Directiva Estaleiros (92/57/CEE) como um ponto de partida para a reflexão da compatibilização do quadro legal existente com as exigências mais recentes do sector no que se refere à Segurança e Saúde.

1. A SEGURANÇA E SAÚDE NA CONSTRUÇÃO: ESPECIFICIDADES DO SECTOR

A construção tem, em termos universais, especificidades que a diferenciam dos outros sectores de actividade. Segundo Manuel Roxo e Fernando Cabral (1996), estas particularidades têm reflexos directos no domínio da gestão da Segurança e Saúde no Trabalho (SST).

1.1 O Carácter de “Projecto”

Mais do que um produto, a construção define-se como um projecto (insusceptível de simples repetição) que se desenvolve em três fases, em função de vários parâmetros, de entre os quais avulta a utilização perspectivada para o empreendimento (ver Figura 1):

- concepção - fase em que se definem os parâmetros técnico-normativos relativos ao empreendimento, as opções arquitectónicas e as escolhas técnicas necessárias à sua execução, o tipo de materiais e equipamentos a incorporar, e se materializa o projecto;
- organização - em que se processa a elaboração do caderno de encargos, a negociação e o planeamento em geral, a selecção do(s) executante(s), a definição contratual dos termos em que o projecto vai ser concretizado, e a adjudicação da obra;

- construção - etapa composta pelas actividades preparatórias do local da obra, implantação do estaleiro, e realização dos trabalhos do procedimento construtivo.

Este processo pode ser repetido identicamente em termos matriciais mas apresenta sempre contornos inéditos que tornam cada projecto algo único e irrepetível. Esta é, desde logo, a primeira especificidade.

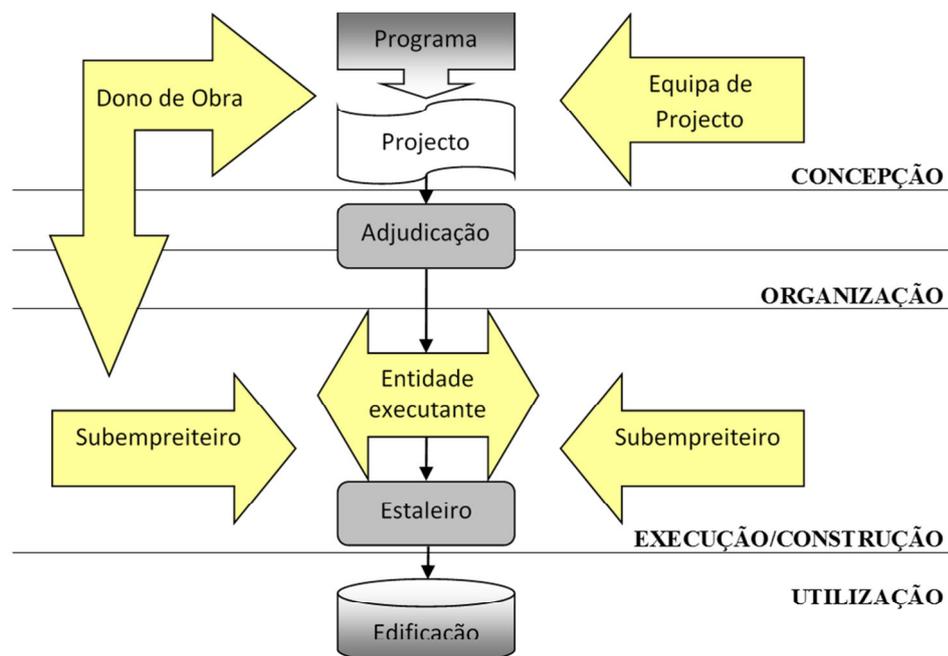


Fig. 1 - Primeira especificidade da actividade da construção (Fonte: GabIGT, 2005)

1.2 A figura do “Dono de Obra”

Existem ainda outras particularidades nos trabalhos de construção, nomeadamente a existência do Dono de Obra, que encabeça a cadeia de decisão (ROXO, M. e CABRAL, F. 1996). É este que detém o poder económico, no entanto, e contrariamente ao que é vigente nas outras indústrias, não lhe cabe assegurar directamente o produto, gerando-se assim, normalmente, cadeias de responsabilidades complexas, que devem ser tidas em linha de conta aquando da bordagem das questões da implementação da prevenção ocupacional.

1.3 Carácter “nómada” e temporário

De acordo com Assumpção (1999, cit. por COSTA *et al.*), uma das principais diferenças entre o sector da construção e os demais sectores de produção industriais prende-se com a descentralização das actividades produtivas. O carácter “nómada” e temporário leva a que os trabalhadores estejam quase sempre deslocados e sujeitos a condições de alojamento menos aconselháveis em termos de higiene e segurança, necessitando, nomeadamente, de realizar a maior parte dos trabalhos sob influência dos mais variados factores climatéricos.

1.4 Desfasamento tecnológico

Outra característica, segundo Grandi (1985, cit. por COSTA *et al.*), tem a ver com o facto de que na construção o processo produtivo é de natureza descontínua, de um bem singular, na maioria das vezes heterogéneo e não reprodutivo.

Dado que os produtos de construção satisfazem diferentes necessidades, torna-se inviável a padronização do produto final, ao contrário do que ocorre com a produção em série,

dificultando, assim, a introdução de sistemas de automação de apoio à produção, e originando um desfasamento tecnológico, em relação aos outros sectores industriais.

Este facto reflecte-se quase sempre no recurso à utilização intensiva de trabalho manual, que, associado à reconhecida penosidade da actividade desenvolvida no estaleiro, nomeadamente no que diz respeito a movimentação manual de cargas pesadas (ROXO, M. e CABRAL, F. 1996) pode gerar um agravamento dos riscos profissionais no campo das doenças profissionais, sobretudo no domínio das músculo-esqueléticas.

1.5 Diversidade e multiplicidade de intervenientes

Nogueira (2002) evidencia que no processo construtivo há grande diversidade de intervenientes com especialidades distintas e de empresas também distintas (múltiplas vezes resultando de uma subcontratação em cadeia), cujas tarefas se sobrepõem no espaço e no tempo, implicando a coexistência de equipamentos e produtos, e uma grande circulação de pessoas, equipamentos e materiais.

A multiplicidade de empregadores (normalmente pequenas e micro empresas) e tarefas gera quase sempre grandes entropias nos locais de trabalho, criando sérias dificuldades na sua coordenação. É ainda muito vulgar a ausência de chefias e responsáveis nos locais onde se efectua na realidade os trabalhos, criando, assim, lacunas na supervisão e monitorização das condições gerais em que as operações estão a ser realizadas.

Esta questão levanta ainda o problema da observação da cadeia de responsabilidades quando algo corre mal.

1.6 Nível sociocultural dos intervenientes

Uma outra característica da construção prende-se com o nível sociocultural da maior parte dos seus intervenientes. Segundo o *Relatório AECOPS da construção 98/99* (1999, cit. por SILVA, 2005, p. 15), relativamente a Portugal, o nível de habilitações predominante, com 40%, é a 4ª classe completa, seguida de 17% com o 2º ciclo do ensino básico, 13% com a escolaridade obrigatória, 11% com o ensino secundário completo, e as menores percentagens são ocupadas, com 10%, pelos trabalhadores analfabetos e, com 9%, por aqueles que têm a frequência ou habilitações de nível superior, profissional, politécnico ou universitário. Ainda citado pela mesma autora, o estudo da INOFOR (1999), *Construção civil e obras públicas em Portugal*, salienta que, já que a procura de mão-de-obra é elevada e o grau de exigência é ainda baixo, o sector é escolhido para a entrada no mercado de trabalho por jovens com insucesso escolar ou pelos que, tendo terminado a escolaridade obrigatória, optam por não prosseguir os estudos.

Grandi (1985, cit. por COSTA *et al.*) afirma que a formação ocorre durante a execução das obras, decorrendo das relações de trabalho entre operários mais qualificados, como oficiais ou encarregados, e operários menos qualificados, como serventes ou ajudantes. Farah (1992, cit. por COSTA *et al.*) salienta que o "saber fazer" da construção civil se concentra nas mãos dos operários, já que os engenheiros desempenham o papel de meros administradores dentro da obra, realçando apenas os defeitos e raramente ensinando como melhorar o trabalho. Assim, não existindo uma cadeia profissional bem definida e duradoura, existe um problema de transmissão do "saber fazer". Os antigos mestres e pedreiros são cada vez mais escassos, não deixando "herdeiros", já que muitos dos operários abraçam a carreira por falta de melhores opções ou como actividade transitória, onde pouco investem.

O estudo realizado pelo PIREP/COREP (2010), que procurou delinear um perfil do sector da construção com base, entre outras fontes, numa consulta efectuada a empresas representativas

de quatro Províncias de Moçambique, realça que todas as empresas classificam o nível geral de qualificação dos Recursos Humanos, tanto do sector, no geral, como da empresa, em particular, como “Insuficiente”. É referido ainda que se sentem dificuldades de formação, por parte de 2/3 das empresas, e que estas existem em relação a todas as profissões, na opinião de metade dos inquiridos.

Tabela 1 - Parâmetros específicos do trabalho nos estaleiros

Especi-ficidades	Parâmetros do posto de trabalho	Actividades económicas em locais de trabalho edificados	Indústria da construção (estaleiro)
1	Tipo de bens produzidos	Bens imóveis (normalmente, existe a repetição do modelo).	Bens fixos (normalmente, modelos únicos, pois as condições de implementação são sempre diferentes).
	Projecto tipo	Existe tendência para a standardização	Grande heterogeneidade, desde projectos gigantescos a micro projectos.
	Organização do trabalho	Linha de montagem (entra a matéria-prima e sai o produto acabado).	O trabalho é executado sobre o próprio produto com sucessivas incorporações resultantes do processo construtivo.
2	Principais decisores	Administração da empresa	O Dono de Obra é quem detém o poder económico e é o único denominador comum em todo o processo construtivo.
3	Tipo de localização	O trabalho é realizado dentro de locais fixos, com carácter permanente.	O trabalho é realizado em estaleiros temporários e móveis, sujeitos muitas vezes às intempéries.
	Alterações do posto de trabalho	Depois de instalado o sistema de produção é fixo sofrendo raramente os melhoramentos necessários.	Dada a natureza do próprio processo construtivo, as alterações são constantes. As estruturas de apoio são quase sempre de curta ou muito curta duração.
	Controle de acessos ao posto de trabalho	Eficaz.	Pouco eficaz.
4	Estado da arte de evolução tecnológica	Tendência para a implementação de sistemas de automação.	Pouca ou nenhuma utilização de sistemas de automação.
5	Coexistência de actividades de trabalho diversas no mesmo espaço	Reduzida.	É habitual a coexistência de especialidades distintas com diferentes técnicas, materiais, equipamentos e mão-de-obra (sobretudo na última fase do empreendimento).
	Relações laborais dos intervenientes	Tendencialmente mais estáveis e duradouras.	Cadeia muitas vezes complexa e de carácter temporário.
	Dimensão da empresa tipo	Sobretudo PMEs	Sobretudo micro empresas (com menos de 10 trabalhadores)
	Contratação tipo	Regime de contrato superior a um ano.	Regime de subcontratação, normalmente com facturação à peça ou ao metro.
6	Grau de formação e especialização profissional	Em geral, médio/alto. Existe cada vez mais a preocupação da formação com o intuito de desenvolver as competências profissionais.	Em geral, baixo. Existe ainda muita mão-de-obra com baixa formação e especialização.
7	Exposição dos trabalhadores a elevados factores de risco	Pontualmente.	É normal a exposição a actividades de risco elevado.

Legenda - Especificidades: 1 - Carácter de “Projecto”, 2 - A figura do “Dono de Obra”; 3 - Carácter “nómada” e temporário; 4 - Desfasamento tecnológico; 5 - Diversidade e multiplicidade de intervenientes; 6 - Nível sociocultural dos intervenientes; 7 - Elevados factores de risco.

1.7 Elevados factores de risco

Além das características referidas, salienta-se o facto de a construção (SANTOS, 2006) expor frequentemente os seus trabalhadores a actividades de risco elevado, tais como trabalhos em altura (segundo dados da ACT, a queda em altura tem sido a principal causa de morte no sector), a utilização de andaimes, escadas, trabalhos em coberturas e em zonas de grandes desníveis, a elevação e movimentação intensiva de cargas (com a utilização de gruas e outros equipamentos), escavações e movimentação de terras, muitas vezes com utilização de explosivos e operação de equipamento pesado. Todos estes trabalhos são fontes de riscos, com graves consequências para a segurança e saúde dos trabalhadores.

2. O SECTOR DA CONSTRUÇÃO EM MOÇAMBIQUE

2.1 Peso do sector na economia nacional

Segundo os dados do INE, a Taxa de Crescimento do Produto Interno Bruto no último trimestre de 2015 foi de 6,6%, um dos valores mais baixos registados na última década, a qual assinalou uma Variação Percentual de Volume média de 7,4%.

Verifica-se ainda, analisando a Tabela 2, que o contributo do sector da construção para economia nacional tem sido crescente e que, em 2015, representou 2.3% do PIB Moçambicano.

Tabela 2 - Produto Interno Bruto a preços correntes (10⁶ MT)

Ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Construção	2 438	2 820	3 211	4 448	5 553	6 862	7 948	9 158	8 737	10 960	13 714
PIB	178 120	211 133	242 039	279 331	300 271	344 839	381 692	433 121	482 233	531 777	592 024

Fonte: INE

Remetendo para os estudos realizados pelo PIREP/COREP, a importância da construção civil no contexto nacional é considerada inquestionável. *“A mesma é evidenciada não só pelos seus ritmos de crescimento económico mas também pelo seu contributo para o desenvolvimento de infraestruturas económicas e sociais do país, nomeadamente ao nível da construção de edifícios, habitações, estradas, pontes e redes de transporte de água e saneamento e distribuição de energia.”* (PIREP/COREP, 2010, p.B1)

No entanto, o mesmo estudo reconhece também que, na vertente da construção de habitações, a componente informal é preponderante. *“Em Moçambique, a esmagadora maioria das famílias constrói as suas próprias casas, podendo, contudo, contratar alguns trabalhadores especializados para executarem determinado trabalho específico.”* (PIREP/COREP, 2010, p.B1)

Se consultarmos as estatísticas das empresas apresentadas pelo INE, relativamente aos resultados do “Inquérito Anual às Empresas” de 2008 e 2009 (Tabela 3), verificamos que de um universo de 26 213 empresas, em 2009, (25 633, em 2008), apenas 266 opera no sector construtivo.

A corroborar a especificidade do sector referida anteriormente, a maioria são micro, pequenas e médias empresas (com menos de 10 pessoas ao serviço), representando cerca de 72% e 64% (2008 e 2009 respectivamente) das empresas deste sector. No entanto, a maioria do volume de negócios (52%, em 2008, e 70%, em 2009) concentra-se nas grandes empresas, que são também responsáveis pelo emprego de 78%, em 2008, e 82%, em 2009, do total das pessoas

assalariadas no sector. De realçar ainda que a zona sul do país registou a presença de mais de 70% das empresas da construção.

Segundo o FUE (Ficheiro de Unidades Estatísticas 2008) cerca de 49% dos trabalhadores do sector encontram-se na Província de Maputo, sem contabilizar a cidade de Maputo, onde operam 25% dos indivíduos que desenvolvem a sua actividade profissional na construção. As províncias onde se registam menos percentagem de volume de emprego são Cabo Delgado, Inhambane e Gaza. (PIREP)

Verifica-se ainda a presença de empresas estrangeiras de grande dimensão envolvidas na realização de projectos de construção de dimensão igualmente considerável.

Tabela 3 - Empresas, Pessoas ao Serviço e Volume de Negócios no Sector da Construção em 2008 e 2009

	Empresas (N.º)		Pessoas ao Serviço (N.º)		Volume de Negócios (10 ⁶ Mt)	
	2008	2009	2008	2009	2008	2009
Total dos Sectores	25 633	26 213	264 112	293 470	415 686	
Divisão da CAE						
Total - Construção	266	266	19 774	24 926	9 661	15 567
41 - Construção de Edifícios	179	179	11 150	13 267	5 732	7 617
42 - Engenharia Civil	12	14	7 233	10 372	2 803	6 916
43 - Activ. Especializ. de Constr.	75	73	1 391	1 287	1 126	1 034
Escalaão de Pessoas ao Serviço						
Total - Construção	266	266	19 774	24 926	9 661	15 567
Menos de 10	88	94	432	549	727	1 139
10-29	104	90	1 956	1 638	2 538	1 767
30-99	32	36	1 886	2 342	1 398	1 722
100 e mais	42	46	15 500	20 398	4 998	10 938
Região						
Total - Construção	266	266	19 774	24 926	9 661	15 567
Norte	17	20	566	622	514	472
Centro	58	44	3 054	4 372	1 147	1 103
Sul	191	202	16 154	19 933	8 000	13 992

Fonte: INE, 2011 e 2012

Além disso, e apesar desta crescente influência na economia Moçambicana, o sector tem sido alvo de uma especial atenção devido a acontecimentos lamentáveis associados à falta de segurança e saúde em obra. Encontra-se ainda bem presente na memória o tão noticiado caso do desabamento de um andaime, ocorrido a 14 de Julho de 2015, de onde resultaram cinco mortos e dez feridos.

De entre o total das actividades económicas, a construção regista valores de sinistralidade significativos. Entre os anos de 2010 e 2016 o total de acidentes de trabalho coloca o sector em posição de destaque, nomeadamente em 3.º lugar no que diz respeito ao número de acidentes mortais (registando 4,3% do total) e 4.º lugar relativamente aos acidentes mortais e não mortais (com 4,75% dos registos totais). O sector destaca-se ainda, como indicado na Tabela 4, pelo aumento de casos de acidentes de trabalho, mortais e não mortais, assinalados entre 2010 e 2016, quando comparado com os números do total das actividades.

Tabela 4 - Número de acidentes de trabalho mortais e não mortais entre 2010 e 2016

Anos	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	TOTAL
Acidentes de trabalho mortais e não mortais								
Total das actividades económicas	3 758	4 355	4 661	5 070	5 448	5 754	6 190	35 236
Construção Civil	80	102	155	201	305	351	480	1 674
Acidentes de trabalho mortais								
Total das actividades económicas	476	540	625	701	884	1 009	1 227	5 462
Construção Civil	21	25	30	34	36	42	47	235

Fonte: MTESS, 2016

Face a estes valores é necessário reflectir sobre o desenvolvimento de medidas normativas e legais no sentido de reforçar o direito Moçambicano de um quadro legal no domínio da segurança e saúde no trabalho (SST) no sector específico da construção.

2.2 Principal legislação do sector da construção em Moçambique

O Decreto Presidencial 8/95 de 26 de Dezembro de 1995 cria o Ministério de Obras Públicas e Habitação (MOPH), substituindo o Ministério da Construção e Águas, com a finalidade primordial de promover o desenvolvimento do sector da construção.

De entre a legislação que, entretanto, tem sido aprovada para regulamentar a actividade, é de salientar o Decreto 2/2004 de 31 de Março, que define o Regime de Licenciamento de Obras Particulares, ou seja, as que não são realizadas pelo Estado, quer a nível local, municipal ou nacional.

Já em relação às obras consideradas públicas, as executadas inteira ou parcialmente pelo Estado, estas são reguladas pelo Decreto n.º 05/2016, de 08 de Março (que veio revogar o Decreto n.º 15/2010, de 24 de Dezembro), o Regulamento de Contratação de Empreitada de Obras Públicas, Fornecimento de Bens e Prestação de Serviços ao Estado, supervisionado pelo órgão governamental denominado Unidade Funcional de Supervisão das Aquisições (UFSA), e estabelecido pelos Diplomas Ministeriais 141 e 142/2006, de 05 de Setembro.

De notar que a criação do Regulamento de Aquisições emergiu da necessidade de sistematizar a legislação prévia, referente à contratação de obras públicas, não harmonizada entre si.

Há ainda que ter em conta a legislação que define as condições de aprovação e licenciamento da realização das obras de construção civil. Para que os profissionais ou técnicos e empreiteiros possam exercer a sua actividade no país, a legislação exige um “alvará”. Este documento é emitido pelo Ministério das Obras Públicas e Habitação (MOPH), autoridade competente de licenciamento, nos termos do Diploma Ministerial n.º 77/2015 de 22 Maio (que revogou o 83/2002 de 22 de Maio), do Regulamento do Licenciamento da Actividade de Empreiteiro de Obras Públicas e de Construção Civil, e do Decreto n.º 94/2013 de 31 Dezembro (que revogou o Decreto n.º 38/2009 de 1 de Setembro), o do Regulamento do Exercício da Actividade de Empreiteiro de Obras Públicas e de Construção Civil.

Prevê-se, assim, que os documentos dos concursos para obras públicas devem indicar de forma explícita as categorias e classes dos alvarás exigidas para a admissão ao concurso. Além disso, a falta de cumprimento de quaisquer aspectos da legislação relativos ao licenciamento pode originar multas, suspensão ou cancelamento do alvará.

2.3 Legislação de SST na Construção em Moçambique

Existem algumas normas jurídicas de carácter generalista, como o Decreto n.º 62/2013 de 4 de Dezembro, Regulamento que Estabelece o Regime Jurídico de Acidentes de Trabalho e Doenças Profissionais.

Há ainda o Decreto Legislativo n.º 48/1973 de 05 Julho - Regulamento de Higiene e Segurança nas Indústrias. É também de carácter generalista e não tem em conta as especificidades da construção atrás referidas.

O único Diploma Legal específico para o sector da construção é o Diploma Legislativo - 120/71 de 3 de Novembro. Tendo em conta a dinâmica tecnológica, os meios de gestão, exigências de produtividade, novos processos construtivos e novos materiais, importa de igual modo compatibilizar o quadro legal inerente [Rubio, 2005].

3. ANÁLISE COMPARATIVA DO QUADRO LEGAL MOÇAMBICANO EM MATÉRIA DE SEGURANÇA E SAÚDE NA CONSTRUÇÃO VS. DIRECTIVA ESTALEIROS (92/57/CEE).

A Directiva Estaleiros (92/57/CEE), relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde a aplicar nos estaleiros temporários ou móveis, foi elaborada e publicada pela União Europeia em 1992, numa tentativa de responder à necessidade de melhorar as condições dos trabalhadores deste sector.

Esta directiva, tendo em conta as especificidades da construção (um dos pontos de análise deste trabalho), introduz uma nova cadeia de responsabilidades no que diz respeito à segurança e saúde na construção (incluindo os donos de obra e os autores de projecto). Cria dois novos intervenientes, os coordenadores de segurança em projecto e os coordenadores de segurança em obra, e ainda os três novos documentos basilares na prevenção de riscos profissionais - Comunicação Prévia, Projecto de Segurança e Saúde, e Compilação Técnica.

De entre as mais importantes imposições da Directiva Estaleiros, além dos três documentos referidos (a Comunicação Prévia, o PSS - Plano de Segurança e Saúde, e a Compilação Técnica), esta legislação determina (salvo as excepções expostas no mesmo diploma) a coordenação de segurança em projecto e a coordenação de segurança em obra.

O Dono de Obra é, normalmente, o único denominador comum em todo o processo de um Projecto⁴. É tendo em conta este aspecto que na Directiva Estaleiros o Dono de Obra é o elemento chave em todo o processo. Comparativamente ao exposto, a Legislação

⁴ A expressão "Projecto" é entendida, como *«todo o ciclo por que passa o produto, caso em que, por vezes se utiliza a expressão "empreendimento"»*, no sentido lato, em contraponto com a de "projecto", entendida como *«elaboração dos desenhos e especificações técnicas do produto a construir»*, em termos restritos.

Moçambicana não é tão clara em termos de responsabilidades do Dono de Obra nas questões de SST.

A Directiva exige a nomeação de um coordenador de segurança para integrar a equipa de projecto da obra. Como o próprio preâmbulo da Directiva n.º 92/57/CE evidencia, “*as escolhas arquitectónicas e/ou organizacionais inadequadas ou uma má planificação dos trabalhos na elaboração do projecto da obra contribuíram para mais de metade dos acidentes de trabalho nos estaleiros da Comunidade.*” Na realidade, quer no plano dos trabalhos a realizar no estaleiro, quer no plano da utilização posterior ou das possíveis intervenções futuras, todas as escolhas do dono de obra, ao nível económico, e dos projectistas, ao nível arquitectónico e técnico, têm enorme reflexo para a segurança e saúde. Por essa razão, salienta o GabIGT (2005), “*a observância de aspectos determinantes que constituem o objecto dos princípios gerais de prevenção estão intimamente relacionados com as próprias definições do projecto da edificação.*”

Para a fase de execução, segundo a Directiva, o Dono de Obra tem que nomear um Coordenador de Segurança para a realização das actividades previstas, e só pode autorizar o início de os trabalhos depois de o Coordenador de Segurança ter validado tecnicamente o PSS específico para a obra.

Há que ter em atenção que a própria Directiva indica a partir de que dimensão e complexidade de obra as exigências legais, atrás referidas, devem ser obrigatórias.

Com a entrada em vigor do Decreto n.º 5/ 2016 de 8 de Março, a lei Moçambicana passa a exigir, no ponto n.º 1 do Artigo 160, que o Empreiteiro apresente um “Plano de Segurança e Saúde”. No entanto, ainda não se encontra legislado nem o conteúdo mínimo deste documento, nem a identificação da entidade responsável por analisar, validar e aprovar o referido documento antes da sua implementação.

Também com o referido Decreto n.º 5/ 2016 de 8 de Março, no Art.º 173, é atribuída à Fiscalização, na alínea d, a responsabilidade de “*Controlar a implementação do plano de segurança e de saúde*” e, na alínea K, a responsabilidade de “*Verificar o cumprimento das normas de higiene e segurança na obra.*” No entanto, surge a necessidade de identificar qual a formação específica que estes técnicos da equipa de Fiscalização devem possuir na área de segurança e saúde no sentido de executar com eficácia essas referidas funções.

A Directiva Estaleiros obriga (dependendo da complexidade e dimensão da obra) a contratação, por parte do Dono de Obra, de um técnico especializado em matéria de segurança e saúde para o apoiar tecnicamente nas questões desta especialidade, tanto na fase de concepção e projecto como na fase de execução da obra.

No âmbito da regulamentação Moçambicana relativa ao exercício da consultoria de construção civil, o Diploma Ministerial n.º 76/2015 de 22 de Maio, prevê a obrigatoriedade da existência de um quadro técnico mínimo para cada classe de serviços de consultoria

É neste contexto que a figura do coordenador de segurança, prevista na Directiva Estaleiros (92/57/CEE) poderia complementar a norma jurídica existente em Moçambique referente à SST.

Preenchendo a necessidade da existência de um quadro integrado na equipa da Fiscalização com responsabilidades no âmbito da SST, tal como previsto Decreto n.º 5/2016, e tomando como directriz o quadro de gestão vertido na Directiva Estaleiros, a figura do coordenador de segurança representaria o Dono de Obra, em matéria das prescrições mínimas técnicas.

CONCLUSÕES

O estudo referenciado pelo PIREP/COREP (2010), que auscultou empresas do sector da construção representativas de quatro Províncias de Moçambique, refere que o nível geral de qualificação dos Recursos Humanos, como sendo “Insuficiente”, e ainda dificuldades de formação, por parte de dois terços das empresas inquiridas.

O sector da construção em Moçambique regista um figurino estatístico relativo aos acidentes de trabalho, para os anos 2010 a 2016, nomeadamente o 3.º lugar no que diz respeito ao número de acidentes mortais e o 4.º lugar relativo aos acidentes mortais e não mortais. É, pois, oportuno reflectir sobre esta problemática da SST.

Tomando como referencial jurídico o Decreto n.º 5/ 2016 de 8 de Março, e sem prejuízo do seu contributo para a riqueza legislativa do sector responsável pelas obras públicas, identificam-se oportunidades de detalhe, nomeadamente: i) definir as responsabilidades e os deveres das partes; ii) explicitar que formação específica os técnicos da equipa de Fiscalização devam possuir em matéria de segurança e saúde no sentido de executar com eficácia as referidas funções; iii) regulamentar o Plano de Segurança e Saúde exigido no ponto n.º 1 do Artigo 160.º, definindo o conteúdo mínimo do documento, a identificação da entidade responsável pela apreciação, validação e aprovação prévia à sua implementação.

De um modo geral, aponta-se no sentido da necessidade de coordenar e complementar o conjunto de normas jurídicas referentes à SST existentes em Moçambique tendo em vista ir ao encontro dos requisitos actuais do sector da construção.

Importa ainda e igual modo reflectir, em que medida a consciencialização para a temática da SST na construção poderá ser realizada no momento da formação dos profissionais do sector. Ou em que medida está a formação em SST representada actualmente nos curricula educativos.

Neste contexto, a Directiva Estaleiros (92/57/CEE), por ter em conta as referidas especificidades da gestão na construção, pode constituir um ponto de partida de reflexão. Será interessante analisar em que medida os elementos integrantes da referida Directiva podem contribuir para dar uma resposta efetiva a estas necessidades no contexto da realidade Moçambicana.

REFERÊNCIAS

[1]-ACIS *et al*, O Quadro Legal para Obras de Construção em Moçambique, Novembro 2008 (em linha), (citado em 21 de Novembro de 2016).

- [2]-ACIS *et al.*, O Quadro Legal para a Contratação de Empreitada de Obras Públicas, Fornecimento de Bens e Prestação de Serviços ao Estado em Moçambique, Março 2011 (em linha), (citado em 21 de Novembro de 2016).
- [3]-Cabral, F. A. & Roxo, M. M., Construção Civil e Obras Públicas: A Coordenação de Segurança, Lisboa, 1996.
- [4]-Costa, S., et al., A construção civil e o estresse como uma realidade (em linha), (citado em 09 de Dezembro de 2016).
- [5]-Diploma Legislativo - 20/71 de 3 de Novembro
- [6]-Decreto n.º 15/2010, de 24 de Maio - Regulamento de Contratação de Empreitada e Fornecimento de Bens e Prestação de Serviços ao Estado.
- [7]-Decreto n.º 62/2013 de 4 de Dezembro, Regulamento que Estabelece o Regime Jurídico de Acidentes de Trabalho e Doenças Profissionais.
- [8]-Decreto n.º 94/2013 de 31 Dezembro, Regulamento do Exercício da Actividade de Empreiteiro de Obras Públicas e de Construção Civil
- [9]-Diploma Ministerial n.º 76/2015 de 22 de Maio, Regulamento do Licenciamento da Actividade de Consultoria de Construção Civil
- [10]-Diploma Ministerial n.º 77/2015 de 22 Maio, Regulamento do Licenciamento da Actividade de Empreiteiro de Obras Públicas e de Construção Civil,
- [11]-Decreto Legislativo n.º 48/1973 de 05 Julho - Regulamento de Higiene e Segurança nas Indústrias
- [12]-Directiva 92/57/CEE do Conselho, de 24 de junho de 1992, Jornal Oficial das Comunidades Europeias N.º L 245, (1992) 6-22.
- [13]-GABIGT - Inspeção Geral do Trabalho, Coordenação da segurança e saúde do trabalho nos empreendimentos da construção, 2005 (em linha), (citado em 26 de Dezembro de 2016).
- [14]-INE (Instituto Nacional de Estatística), Produto Interno Bruto a preços correntes (em linha), (citado em 21 de Novembro de 2016).
- [15]-INE (Instituto Nacional de Estatística), 2011. Estatísticas das Empresas 2008 (em linha) (citado em 21 de Novembro de 2016).
- [16]-INE (Instituto Nacional de Estatística), 2012. Estatísticas das Empresas 2009 (em linha) (citado em 21 de Novembro de 2016).
- [17]-Nogueira, H. P., A segurança e saúde na construção e os acidentes por esmagamento, Coimbra, 2002.
- [18]-PIREP/COREP, Perfil do Sector da Construção Civil, Maputo, 2010, (em linha), (citado em 21 de Novembro de 2016).

[19]-Rubio, M. Carmen, et al., Obligations and Responsibilities of Civil Engineers for the Prevention of Labor Risks: References to European Regulations, Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, Vol. 131, Issue 1, 2005.

[20]-Santos, P., Gestão da Segurança e Higiene na Construção. Apontamentos (1ª Parte), Coimbra, 2006

[21]-Ministério do Trabalho, Emprego e Segurança Social, Dados Cronológicas de Acidentes de Trabalho 2010 - 2016, Maputo, 2016.

[22]-Silva, S.R.C., Planos Gerais de Garantia da Qualidade de Empreendimentos da Construção - Contributo para a sua elaboração, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Lisboa, 2005.

ARTIGO REF: 6763

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE RESISTENTE DE PONTES DA LINHA DE SENA, EM MOÇAMBIQUE

Paulo Silveira^{1(*)}, Tiago Coelho¹, António Hipólito², Anísio Bainha³

¹Laboratório Nacional de Engenharia Civil - Lisboa, Portugal

²Mota-Engil Engenharia e Construção - Amarante, Portugal

³Portos e Caminhos de Ferro de Moçambique - Maputo, Moçambique

(*)*Email*: paulo.silveira@lnec.pt

RESUMO

Nesta comunicação apresenta-se o estudo relativo à avaliação da capacidade resistente de pontes da Linha de Sena, em Moçambique, levado a cabo pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), por solicitação da Mota-Engil.

Nas obras analisadas incluem-se diversas pontes com tabuleiro em betão armado e também pontes metálicas, das quais faz parte a Ponte Dona Ana, sobre o Rio Zambeze. Esta ponte foi inaugurada em 1931 e possui um comprimento total de 3677 m, sendo na altura a maior ponte ferroviária de África. A tipologia das obras analisadas é algo diversa, dado que foram construídas em épocas diferentes e também porque alguns dos tabuleiros foram substituídos na sequência de danos severos sofridos, sendo por isso mais recentes. Esta avaliação foi realizada no âmbito das obras de reabilitação da infraestrutura ferroviária da Linha de Sena, destinadas a melhorar as condições de transporte do carvão entre Moatize e o porto da Beira. Nesta avaliação foram tidas em conta as várias soluções alternativas ao porto da Beira, que entretanto foram equacionadas.

Previamente à avaliação da capacidade resistente destas pontes, o LNEC efetuou a inspeção destas estruturas e também o levantamento da sua geometria. Os dados obtidos pelo LNEC, juntamente com os dados recolhidos nas inspeções efetuadas por técnicos da Edgar Cardoso - Engenharia e Laboratório de Estruturas, permitiram efetuar a modelação e a verificação da segurança estrutural destas obras, tendo em conta o tráfego que circula e circulou sobre a ponte e também aquele que se prevê que venha a circular. No caso das pontes metálicas, este estudo incluiu a avaliação da resistência à fadiga pelo método do dano acumulado, tendo-se definido as categorias de pormenor mais adequadas e simulado a passagem de comboios reais de modo a poder estimar os anos em que eventualmente poderão começar a surgir danos devidos a este fenómeno, a fim de procurar garantir que a sua deteção e correção são efetuadas atempadamente. Relativamente às pontes de betão armado, dada a inexistência de dados quanto às armaduras existentes nos diversos tabuleiros, efetuou-se uma comparação entre as armaduras necessárias para resistir às solicitações previstas e as armaduras existentes em elementos de tabuleiros de pontes desta linha que se encontravam destruídas, caídas no solo.

1. INTRODUÇÃO

Por solicitação da Mota-Engil Ferrovias, o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) efetuou a avaliação da capacidade resistente de pontes da linha de Sena, em Moçambique, no âmbito da reabilitação desta linha.

Neste estudo foram tidas em conta as tipologias e a época de construção das pontes, uma vez que foram avaliadas obras inseridas em troços com datas de construção significativamente diferentes. Foram também considerados os aspetos relacionados com as alternativas possíveis ao porto da Beira e a necessidade de utilização de material circulante mais pesado nalguns dos troços correspondentes a trajetos alternativos possíveis.

Este estudo foi faseado e inicialmente destinava-se à avaliação do comportamento estrutural da ponte Dona Ana, tendo, para tal, sido efetuado o seu levantamento geométrico, assim como dos respetivos viadutos de acesso. Procedeu-se igualmente à sua modelação estrutural, realizou-se a sua inspeção e fez-se um ensaio de carga para validar os modelos desenvolvidos.

Foram igualmente realizados trabalhos de inspeção noutras pontes da linha de Sena, durante os quais se aproveitou para efetuar o seu levantamento geométrico, o que permitiu fazer a modelação estrutural destas obras e a posterior avaliação da sua capacidade resistente (Silveira e Oliveira, 2012, Oliveira et al., 2012).

Para as pontes situadas entre Nangue e Mutarara, avaliou-se a sua capacidade para receberem comboios com 20,5 tf/eixo (Silveira et al., 2012, Silveira e Coelho, 2014), enquanto para as pontes localizadas entre Mutarara e Moatize a avaliação da capacidade resistente foi efetuada para comboios de 26tf/eixo (Silveira et al., 2016). Para efetuar esta avaliação foram tidos em conta os elementos recolhidos pelo LNEC e também os obtidos durante as inspeções efetuadas por técnicos da Edgar Cardoso - Engenharia e Laboratório de Estruturas.

Nos estudos realizados foi considerado o problema da fadiga nas pontes metálicas e também o volume de tráfego que já circulou nesta linha e o previsto para o futuro.

2. PERSPECTIVA HISTÓRICA

A linha de Sena sofreu algumas ampliações e modificações do traçado desde a sua entrada em serviço, sendo por isso a configuração atual bastante diferente da inicial. Em consequência de existirem vários períodos de construção, podem encontrar-se diferentes soluções estruturais para as obras de arte analisadas.

Inicialmente a linha de Sena era composta por um troço, com 29 km, entre a Beira e o Dondo a que se seguia um troço, com 253 km, entre o Dondo e Murraça, cuja construção começou em 1919 e foi aberto à exploração em 1 de julho de 1922, pela Trans-Zambezia Railway Company Ltd.

Na margem norte do Zambeze existiam duas linhas, a primeira, foi construída entre 1913 e 1915, ligava Chindio a Port Herald, na Niassalândia, tinha 98 km de extensão e pertencia à Central Africa Railway, a segunda ligava Port Herald a Blantyre, tinha 182 km e pertencia à Shire Highlands Railway, Nyassaland Ltd. A fusão destas duas companhias deu origem a Nyassaland Railways Ltd.

A estação de Chindio, localizava-se na margem norte do Zambeze e era término da Central Africa Railway Company Ltd.. Na margem sul deste rio e em frente a Chindio situava-se a estação de Murraça, terminus da Trans-Zambezia Railway. A ligação entre as duas estações era feita por ferry, o que por si só, constituía um estrangulamento à circulação. Esta situação era agravada pelas dificuldades crescentes com que se efetuava a navegação entre estas duas povoações, dificultando progressivamente o acesso ao porto da Beira, quer do distrito de Mutarara, quer da Niassalândia. Esta circunstância obrigou à construção de uma ponte ferroviária para efetuar a travessia do rio, e com base nos estudos efetuados para definir a localização da nova ponte, conclui-se que esta se deveria situar entre Sena e Mutarara, junto à

povoação de Dona Ana, o que obrigou a prolongar a linha da margem sul, entre Murraça e Sena e também a construir, na margem norte, um ramal, com 39 km de extensão entre Baué e Mutarara (Figura 1).

(imagem extraída de The Longest Bridge in the World)

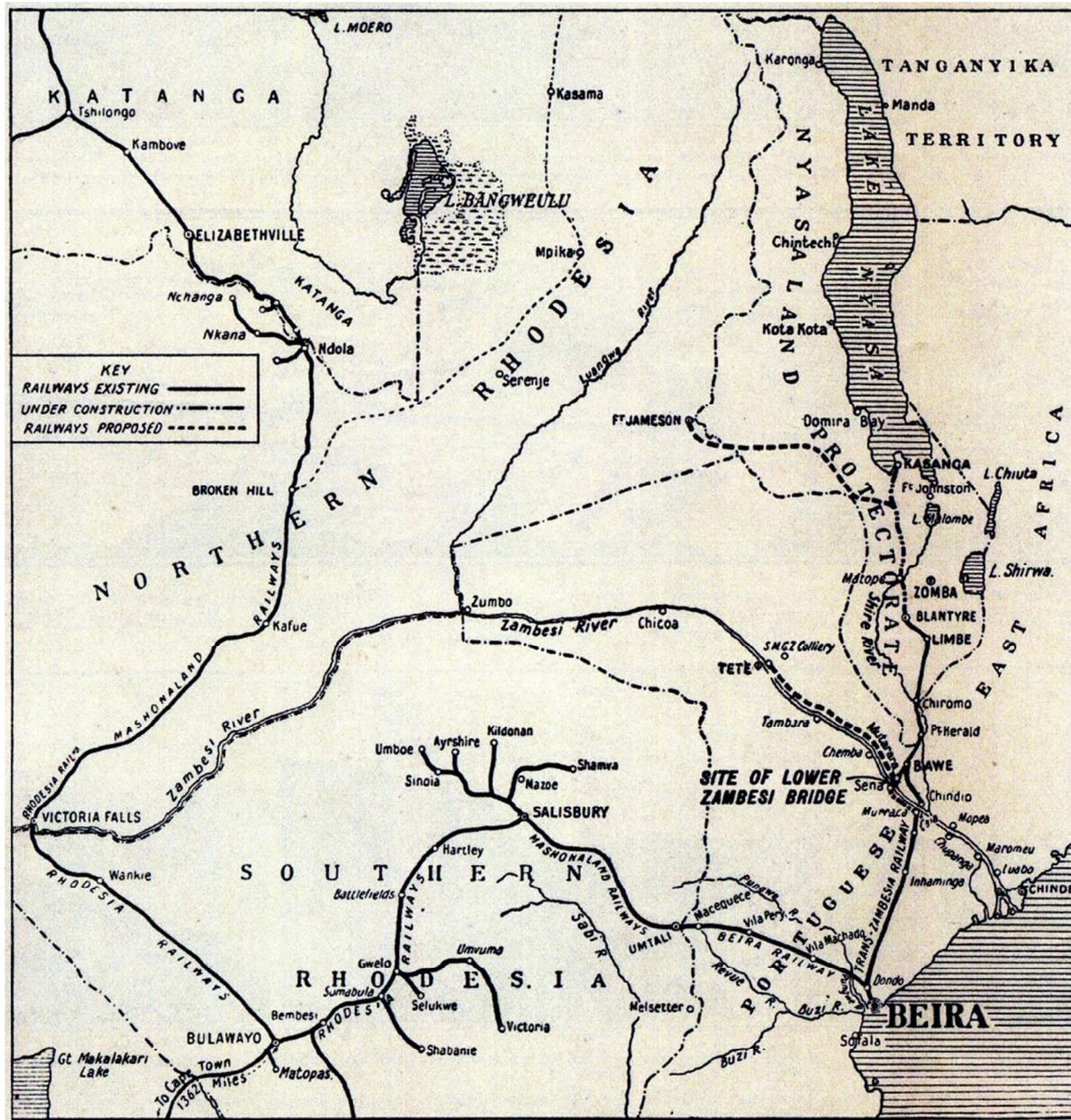


Fig. 1 -. Rede ferroviária com ligação ao porto da Beira em 1930

A construção da ponte de Dona Ana iniciou-se em 1930 (Figura 2) e a sua entrada em serviço ocorreu em 14 de janeiro de 1935, após o que, o ramal Baué-Chindio foi abandonado.

Também na zona mineira de Tete se verificavam dificuldades no escoamento do carvão, que inicialmente se fazia por um troço de 25 km de caminho de ferro até Benga, na margem norte do Zambeze, seguindo depois por barçaça. Esta situação constituía um constrangimento à produção mineira que até 1936 não excedia as 8.000 toneladas. Por este motivo decidiu-se fazer uma linha que ligasse Moatize a Mutarara, onde a ponte de Dona Ana permitiria a travessia do Zambeze. Esta linha começou a ser construída em 1939 e foi inaugurada em 29

de julho de 1949. O impacto que teve na exploração das minas de carvão foi notório, tendo a produção passado para 200.000 toneladas em 1956 e 320.000 toneladas em 1961.

A seguir à independência de Moçambique a circulação na linha de Sena sofreu diversas interrupções, devido a atos com explosivos, tendo a ponte de Dona Ana sido adaptada para satisfazer unicamente a circulação rodoviária em 1995. Entre 2006 e 2009 esta ponte foi reabilitada, tendo regressado ao tráfego ferroviário.

(imagem existente no ANTT)



Fig. 2 - Construção da ponte de Dona Ana

3. PONTES AVALIADAS

Do conjunto das obras estudadas fazem parte dez tabuleiros em estrutura metálica (tipo M), quer em viga treliçada, quer em viga de alma cheia e vinte e oito tabuleiros em betão armado, sendo que os tabuleiros de betão armado possuem os seguintes quatro tipos de tipologia:

- Tabuleiros do tipo “B” - Existem quatro obras que possuem cerca de 5,60 m de largura e são constituídas por uma laje suportada por duas vigas laterais, carlingas e longarinas. As vigas principais possuem esquadros nas zonas de apoio. Nas vigas principais apoiam-se carlingas que, por sua vez, suportam as longarinas existentes sob os carris.
- Tabuleiros do tipo “B1” - Existem duas obras que possuem cerca de 4,70 m de largura e são constituídas por uma laje suportada por duas vigas, formando um duplo “T”.
- Tabuleiros do tipo “B2” - Existem dezasseis obras que possuem cerca de 3,00 m de largura e são constituídas por uma laje suportada por duas vigas, formando um duplo

“T”. Neste grupo podem definir-se quatro subgrupos em função da dimensão dos seus vãos. Estes subgrupos são o B2:8, o B2:10, o B2:13 e o B2:15 e reúnem as pontes com vãos respetivamente compreendidos entre 8 e 9 metros, 10 e 11 metros, 13 e 14 metros e 15 e 16 metros.

- Tabuleiros do tipo “B3” - Existem seis obras que possuem cerca de 4,80 m de largura e são constituídas por uma laje suportada por duas vigas laterais, carlingas e longarinas. As vigas principais possuem altura constante. Nas vigas principais apoiam-se as carlingas que suportam as longarinas existentes sob os carris.

Na Tabela 1 indicam-se as obras estudadas e a respetiva tipologia.

Tabela 1 - Obras estudadas

Obra	km	Tipol.	Tramos (m)	Obra	km	Tipol.	Tramos (m)
Ponte 1	228 + 600	M	5 × 28,00	Ponte 19	353 + 810	B	2 × 21
Ponte 2	283 + 530	M	4 × 13,35	Ponte 20	357 + 480	B2:13	13,25
Ponte 3	288 + 610	M	48 × 9,70 + 7 × 12,09 + 12,85	Ponte 21	368 + 630	B3	16,00
		M	7 × 50,29 + 33 × 80,01	Ponte 22	373 + 850	B3	16,00
		M	6 × 20,27	Ponte 24	383 + 150	B2:10	10,65
Ponte 4	300 + 620	B1	13,07 + 11,75	Ponte 25	387 + 450	B2:8	8,60
Ponte 5	306 + 750	B3	16,00	Ponte 26	391 + 400	B2:10	10,55
Ponte 6	311 + 750	B3	16,00	Ponte 27	392 + 900	B2:13	13,23
Ponte 7	314 + 150	B3	16,00	Ponte 28	409 + 720	B2:13	13,14
Ponte 8	317 + 850	B2:10	10,58	Ponte 29	412 + 460	M	12,68+ 14,49
Ponte 9	321 + 390	B2:8	8,17	Ponte 31	413 + 430	M	10,77
Ponte 10	323 + 810	B	2 × 21	Ponte 32	418 + 330	B1	4 × 15,70
Ponte 11	326 + 210	B2:8	8,16	Ponte 33	427 + 500	B2:13	13,25
Ponte 12	326 + 860	B2:13	13,24	Ponte 34	428 + 720	B2:10	10,44
Ponte 13	330 + 360	B3	16,00	Ponte 35	433 + 800	M	1,45 + 14,10 + 4,52
Ponte 14	333 + 300	B	2 × 21	Ponte 36	435 + 800	M	19,05
Ponte 15	337 + 850	B2:13	13,42	Ponte 37	451 + 400	M	13,50 + 13,19 + 13,16 + 13,20
Ponte 16	343 + 420	B	2 × 21 + 2 × 21	Ponte 38	460 + 940	M	8,07
Ponte 17	346 + 100	B2:8	8,18	Ponte 39	462 + 200	B2:15	15,90
Ponte 18	349 + 400	B2:8	8,15	Ponte 40	504 + 560	M	15,67

Os nomes utilizados para referenciar as diversas pontes são os indicados no relatório “Condições Técnicas e Elementos de Projecto. Inspeção de Pontes. Tomo 3/4, Vol. 2/4.

Relatórios de Inspeção Edgar-Cardoso” elaborado em 2013, excetuando-se o pontão correspondente à Ponte 3 que foi substituído, nesta lista, pela ponte Dona Ana.

Para ilustrar o tipo de informação recolhida durante as inspeções efetuadas, apresenta-se da Figura 3 à Figura 7 imagens e desenhos esquemáticos das pontes de betão da tipologia B.



Fig. 3 - Ponte 14: km 333 + 300



Fig. 4 - Ponte 16: km 343 + 420

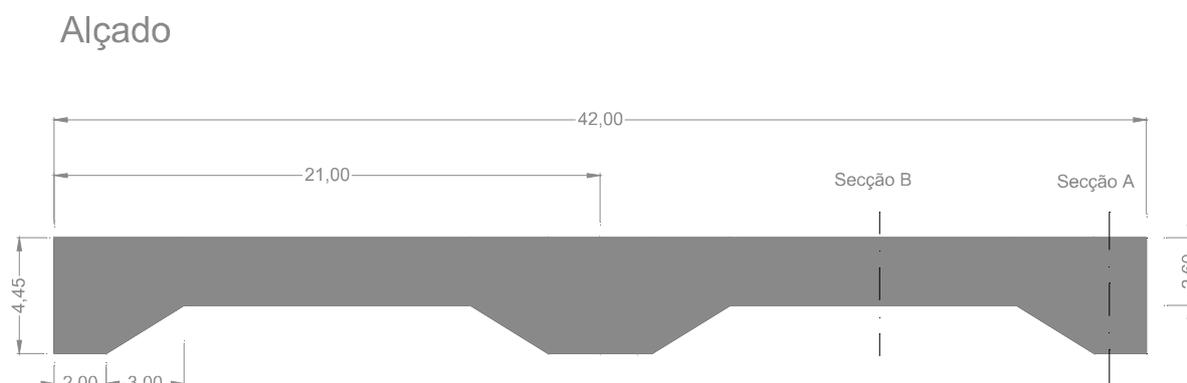


Fig. 5 - Alçado das pontes da tipologia B

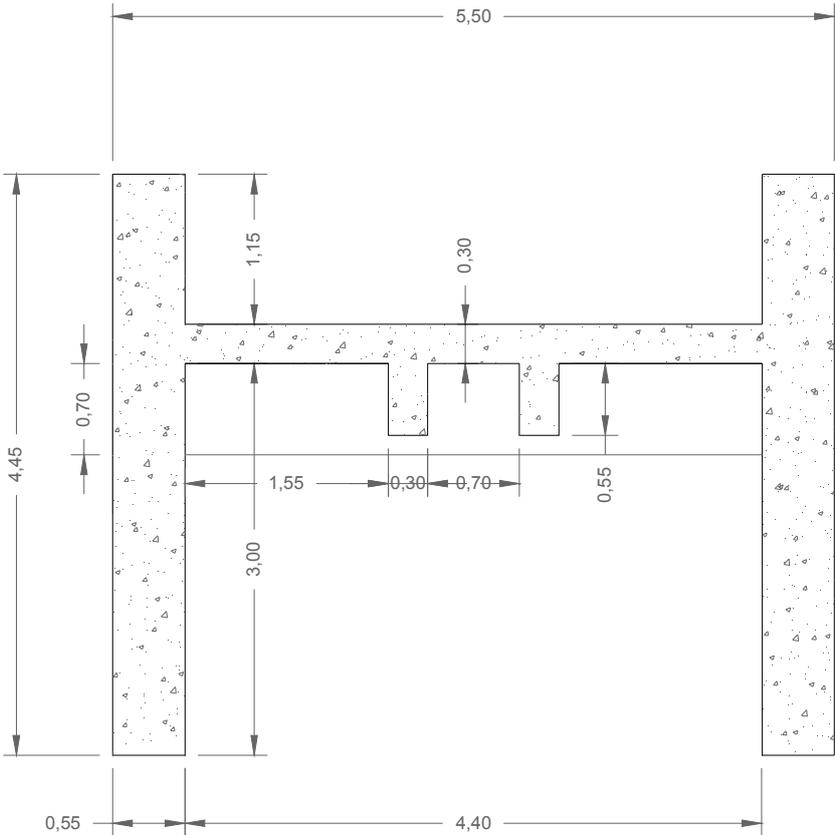


Fig. 6 - Secção A das pontes da tipologia B

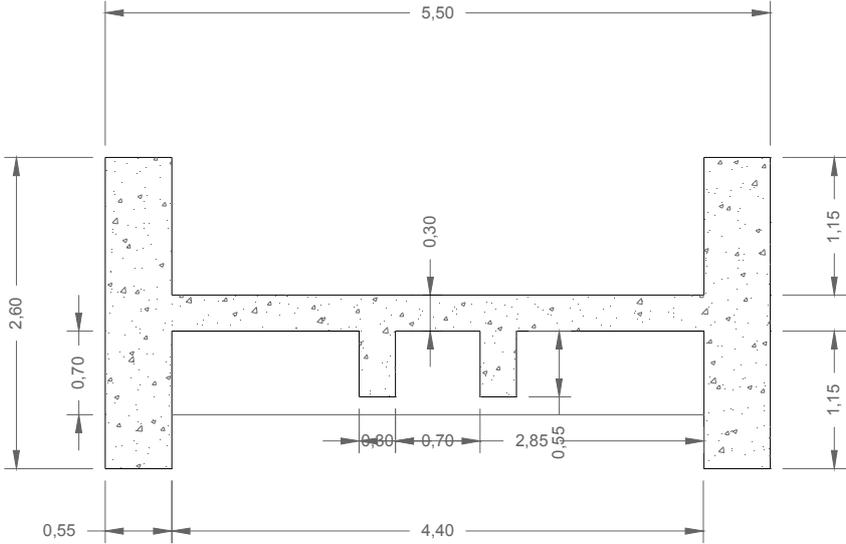


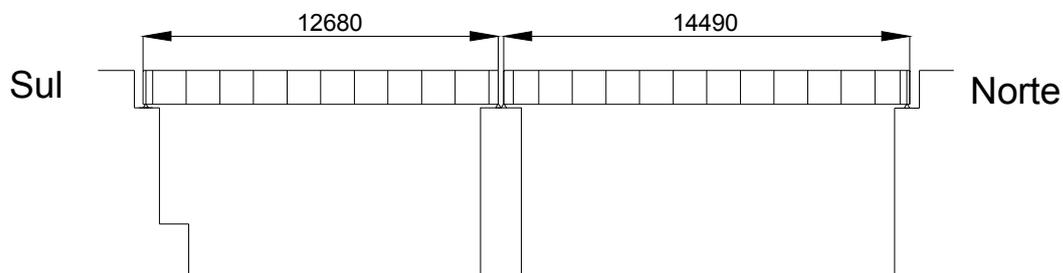
Fig. 7 - Secção B das pontes da tipologia B

Apresenta-se igualmente, a título de exemplo, na **Fig** e na **Fig** informação respeitante a uma ponte metálica.



Fig. 8 - Alçado este da Ponte 29: km 416+460

Alçado:



Secção Transversal:

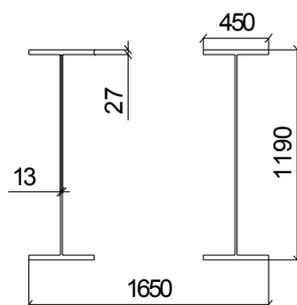


Fig. 9 - Características geométricas da Ponte 29

3.1 Inspeção de pontes

Na Tabela 2 apresenta-se a relação das obras inspecionadas pelo LNEC.

Tabela 2 - Obras de arte inspecionadas

PK	Troço/ Estação	Tipo	Comp. (m)	Latitude	Longitude
228+600	Nangue - Caia	Metálica	140,7	17°51'22.36"S	35°20'01.70"E
283+530	Magagade - Sena	Metálica	53,9	17°29'15.33"S	35°02'43.21"E
288+610	Sena-Mutarara	Metálica	3677,2	17°26'48,92"S	35°02'00,38"E
323+810	Chavundira - Sinjal	Betão	42,0	17°10'31.58"S	34°58'31.11"E
333+300	Chavundira - Sinjal	Betão	41,9	17°05'56.91"S	34°56'19.29"E
343+420	Sinjal - Mapangali	Betão	84,0	17°01'02.24"S	34°54'28.43"E
353+810	Sinjal - Mapangali	Betão	41,8	16°55'47.52"S	34°52'44.66"E
412+460	Doa - Chueza	Metálica	27,2	16°31'39.50"S	34°32'56.43"E
418+330	Chueza - Mecito	Betão	62,9	16°30'03.37"S	34°30'34.39"E
433+800	Chueza - Mecito	Metálica	20,1	16°24'53.99"S	34°24'49.71"E
435+800	Chueza - Mecito	Metálica	19,1	16°24'24.18"S	34°23'55.29"E
451+400	Mecito - Necungas	Metálica	53,3	16°17'02.35"S	34°20'04.74"E
460+940	Mecito - Necungas	Metálica	8,7	16°12'43.68"S	34°17'09.25"E
504+560	Cambulatsisse - Cateme	Metálica	15,7	16°01'27.38"S	34°04'02.34"E

Nos sistemas de gestão de obras de arte é usual classificar-se o Estado de Manutenção e o Estado de Conservação, com a finalidade de se definir, em função destas classificações e do orçamento disponível, as prioridades de intervenção nas diversas obras. Essas intervenções poderão consistir em trabalhos de manutenção, ou de reparação, em função da gravidade e das consequências que as anomalias ou deficiências detetadas possam ter, quer para a segurança ou durabilidade da obra, quer para a segurança do tráfego.

A classificação do Estado de Manutenção de uma obra, ou dos seus componentes, corresponde à avaliação de situações que, a médio ou longo prazo, possam ter consequências negativas para a durabilidade dessa obra, dos seus materiais ou equipamentos.

Assim o Estado de Manutenção está associado aos danos menos relevantes, cuja correção poderá ser conseguida no âmbito de Trabalhos de Manutenção. Este tipo de trabalhos não requer um projeto de execução, por não perturbar o tráfego, não necessitar de mão-de-obra especializada, nem exigir equipamentos especiais.

A classificação do Estado de Conservação de uma obra ou dos seus componentes corresponde à avaliação de situações que, a curto ou médio prazo, possam ter consequências graves, para a segurança estrutural da obra, para a segurança do tráfego, ou ainda das quais resultem danos, cuja correção não atempada possa ter como consequência custos muito elevados.

O Estado de Conservação está portanto associado aos danos mais graves, cuja correção poderá ser conseguida no âmbito de Trabalhos de Reparação. Este tipo de trabalhos requer um projeto de execução, não só porque exige bastantes recursos, designadamente, de equipamentos, mão-de-obra especializada ou materiais, mas também porque pode interferir com o tráfego.

As inspeções realizadas permitiram efetuar a atribuição dos estados de manutenção e de conservação às obras e possibilitaram ainda definir os trabalhos de manutenção e de reparação necessários.

3.2 Modelação estrutural

Para a determinação dos esforços atuantes nos tabuleiros foi utilizado o programa SAP2000, tendo as estruturas sido modeladas de acordo com as suas características geométricas e materiais constituintes.

A modelação estrutural da Ponte Dona Ana e respetivos viadutos de acesso foi efetuada com base nos dados recolhidos num estudo anteriormente efetuado pelo LNEC. Nesse estudo efetuou-se o levantamento geométrico e a posterior calibração dos modelos estruturais através dos resultados obtidos em ensaios de carga (Silveira et al., 2012). Na modelação desta ponte foram utilizados elementos de barra e elementos de casca.

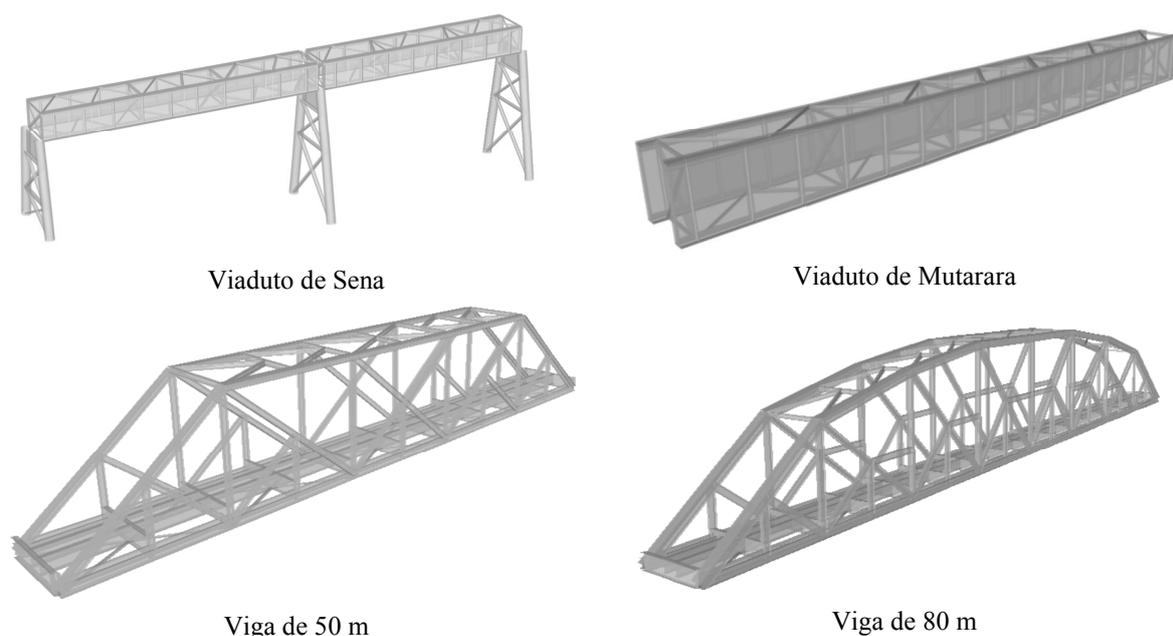


Fig. 10 - Desenhos dos modelos de elementos finitos de tramos da Ponte Dona Ana

No que respeita às restantes pontes metálicas, os vários modelos foram construídos com base nos levantamentos geométricos realizados, durante as respetivas inspeções (Silveira, P., Oliveira, A., 2012, Edgar Cardoso - Laboratório de Estruturas, 2013). Apresenta-se na Figura 11 um desenho do modelo desenvolvido para a ponte do km 451+400.

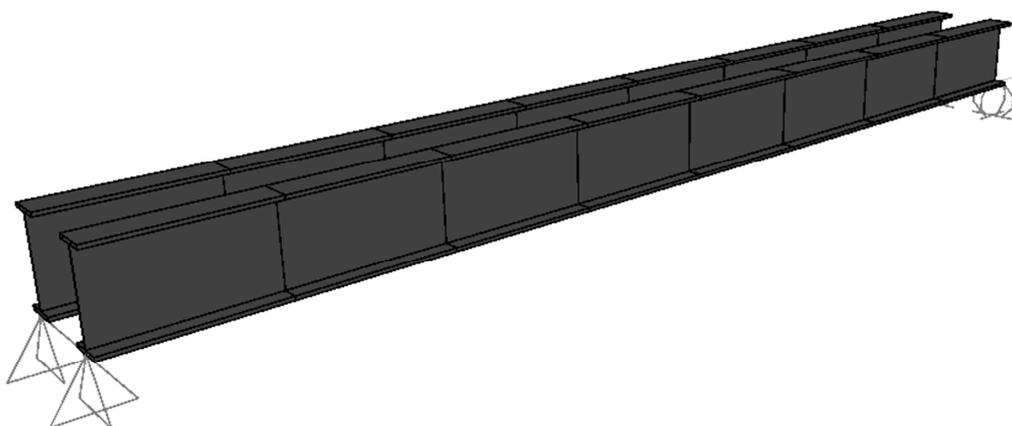


Fig. 11 - Desenho do modelo de elementos finitos da ponte do km 451+400

Os tabuleiros de betão das tipologias B e B3 foram modelados como uma laje suportada por uma grelha e os tabuleiros das tipologias B1 e B2 como uma viga simplesmente apoiada. No caso destas duas últimas tipologias, em vez da secção em duplo “T”, adotou-se uma secção em “T” equivalente, com alma com espessura dupla das almas das secções originais.

Nas secções da tipologia B1 não se incluiu o passeio na secção resistente, tendo sido apenas considerado como carga permanente.

Da Figura 12 à Figura 15 apresentam-se desenhos dos modelos elaborados para as pontes de betão.

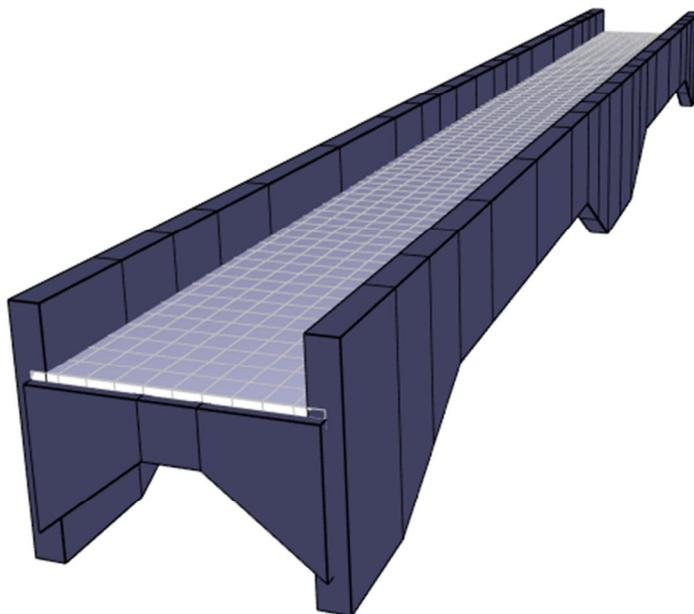


Fig. 12 - Desenho do modelo estrutural das pontes da tipologia B

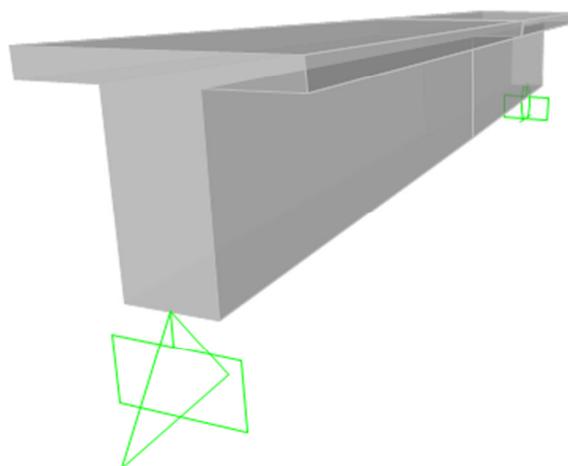


Fig. 13 - Desenho do modelo estrutural da ponte da tipologia B1:15

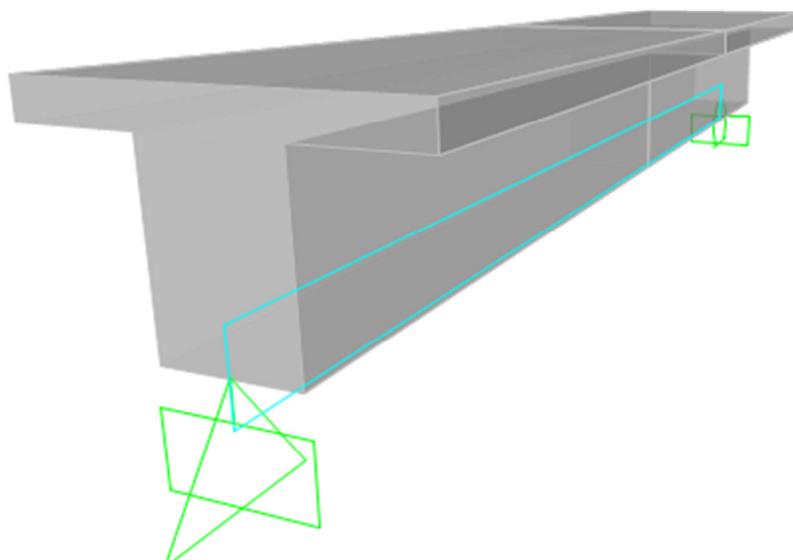


Fig. 14 - Desenho do modelo estrutural da ponte da tipologia B2:13

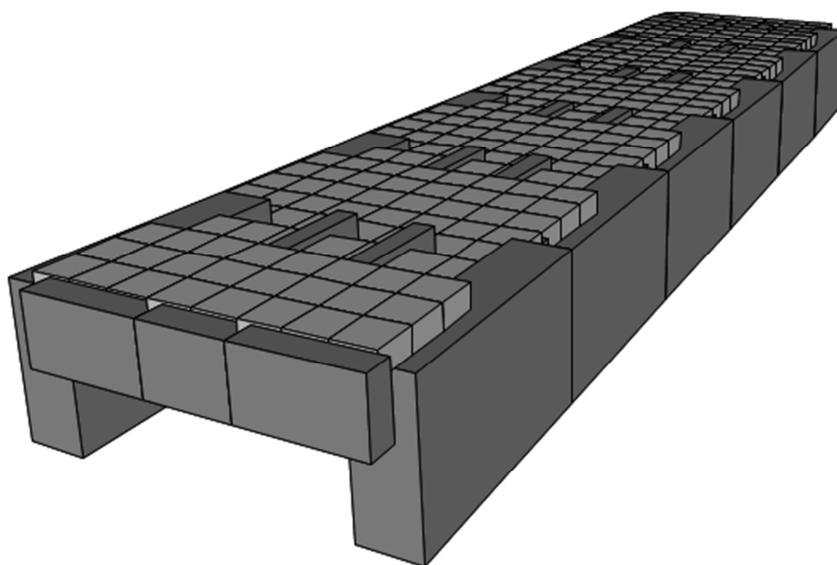


Fig. 15 - Desenho do modelo estrutural das pontes da tipologia B3

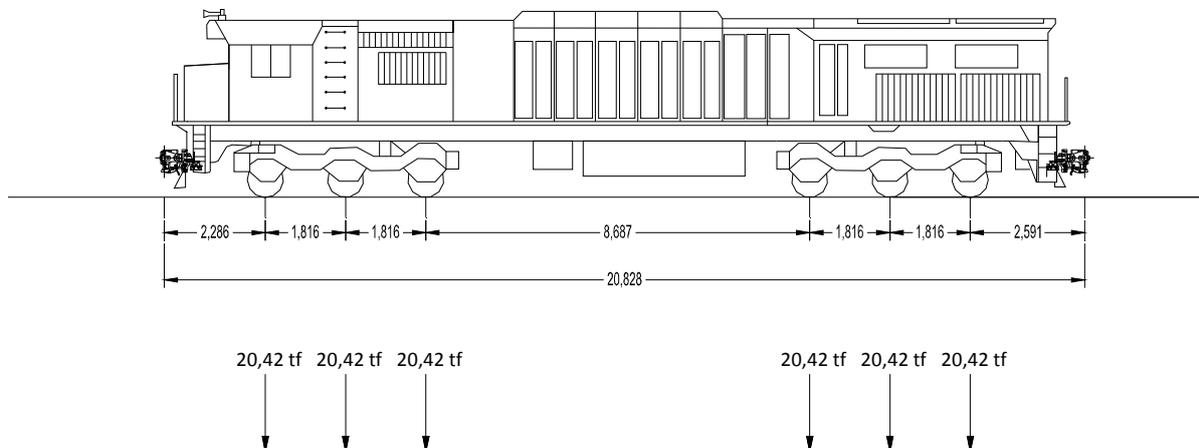
3.3 Ensaio de carga da ponte Dona Ana

Para aferir os modelos de elementos finitos desenvolvidos para a ponte Dona Ana foi efetuado o ensaio dos vários tramos tipo desta ponte, designadamente tramos dos viadutos de acesso Norte e Sul e das vigas treliçadas de 80 m e de 50 m.

Como cargas de ensaio utilizaram-se os comboios que se encontravam a transportar carvão, entre as minas de Moatize e o porto da Beira (Figura 16).

Locomotiva GE GT26 - CU2

Peso total: 122,5 tf



Par de vagões HL6

Peso carregado: 82 tf

Peso vazio: 19 tf

Volume: 70,9m³

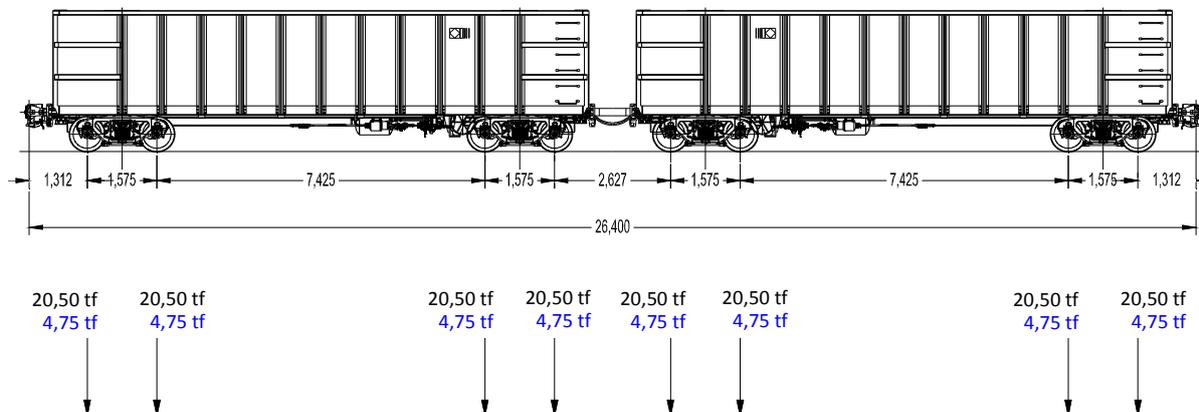


Fig. 16 - Definição geométrica dos comboios utilizados nos ensaios

Estes comboios eram formados por duas ou três locomotivas GE GT 26 - CU2 e por pares de vagões HL6. Nos diversos ensaios, utilizaram-se diferentes geometrias de acoplamento das locomotivas, tendo-se também utilizado, quer vagões carregados, quer vagões vazios.

O peso total e por eixo das locomotivas GE GT 26 é, respetivamente, de 122,5 tf e 20,42 tf. Os vagões HL6 têm um peso total de 82 tf, quando carregados e de 19 tf, quando vazios, sendo o seu volume de carga 70,9 m³. Dado que estes vagões têm quatro eixos, o peso por eixo, quando carregados, é de 20,5 tf e de 4,75 tf quando vazios.

Durante os ensaios mediram-se deslocamentos verticais em diversas secções, com recurso a transdutores de deslocamentos potenciométricos (Figura 17 e Figura 18) e também por meio de um sistema de nivelamento hidrostático (Figura 19). Este sistema permite avaliar os deslocamentos verticais a partir das variações da pressão associadas às alterações de cota. O sistema instalado incluía uma célula de pressão em cada ponto de medida e um depósito sobre um dos apoios, junto ao qual estava instalada a célula de referência.

Os transdutores utilizados na medição de deslocamentos verticais do tabuleiro foram ligados a uma subunidade de aquisição destinada, não só à sua leitura, mas também ao armazenamento dos valores com eles obtidos (Figura 20). Esta subunidade de aquisição vulgarmente designada data logger era programada e controlada a partir de um computador portátil (Figura 21).

A cadência de aquisição utilizada foi de uma leitura por segundo, para todos os aparelhos, o que corresponde à velocidade máxima permitida por este tipo de *data logger*.



Fig. 17 - Defletómetro potenciométrico



Fig. 18 - Montagem com defletómetros potenciométricos

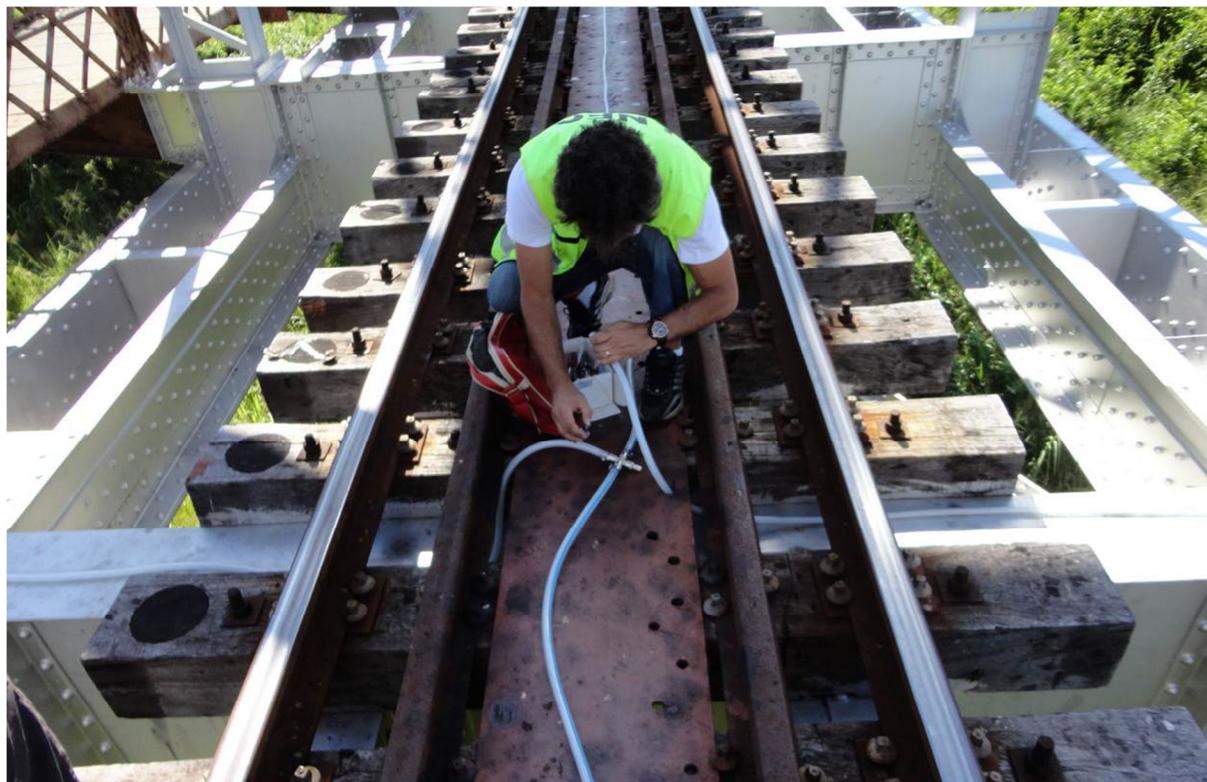


Fig. 19 - Fase de montagem do sistema de nivelamento hidrostático



Fig. 20 - Data logger utilizado



Fig. 21 - Sistema de aquisição utilizado

Apresentam-se seguidamente alguns resultados obtidos nos ensaios de carga, quer do Viaduto de Mutarara, quer de um tramo de 80 m da ponte propriamente dita.

Durante o ensaio do viaduto de Mutarara o comboio circulava no sentido Beira-Moatize e era composto por duas locomotivas, dispostas costas com costas e por vagões HL6 vazios.

Durante o ensaio deste viaduto foram executadas 9 posições de carga e ensaiaram-se os três primeiros tramos contados a partir do encontro norte. O comprimento destes tramos é de 20,00m.

As posições de carga efetuadas encontram-se esquematizadas na Figura 22.

Na Tabela 3 resumem-se os valores das flechas medidas no ensaio do viaduto de Mutarara.

Nas posições de carga correspondentes à entrada da primeira locomotiva no tramo, as cargas eram aplicadas apenas pelos três primeiros eixos. Nestas posições as flechas máximas medidas foram de 5,5 mm. Quando a locomotiva avançava para o tramo seguinte, no tramo anterior estacionavam seis eixos (três de cada locomotiva), pelo que, foi nessas situações que se registaram as flechas máximas (7,9 mm).

Da leitura da Tabela 3 pode verificar-se que existe uma boa concordância entre os valores medidos e os valores calculados através do modelo numérico.

Na Fig apresentam-se os desenhos das deformadas calculadas da estrutura, para as posições de carga 7 a 9. Nestes desenhos representam-se igualmente os valores dos deslocamentos verticais medidos durante o ensaio, de modo a facilitar a comparação entre os valores medidos e calculados.

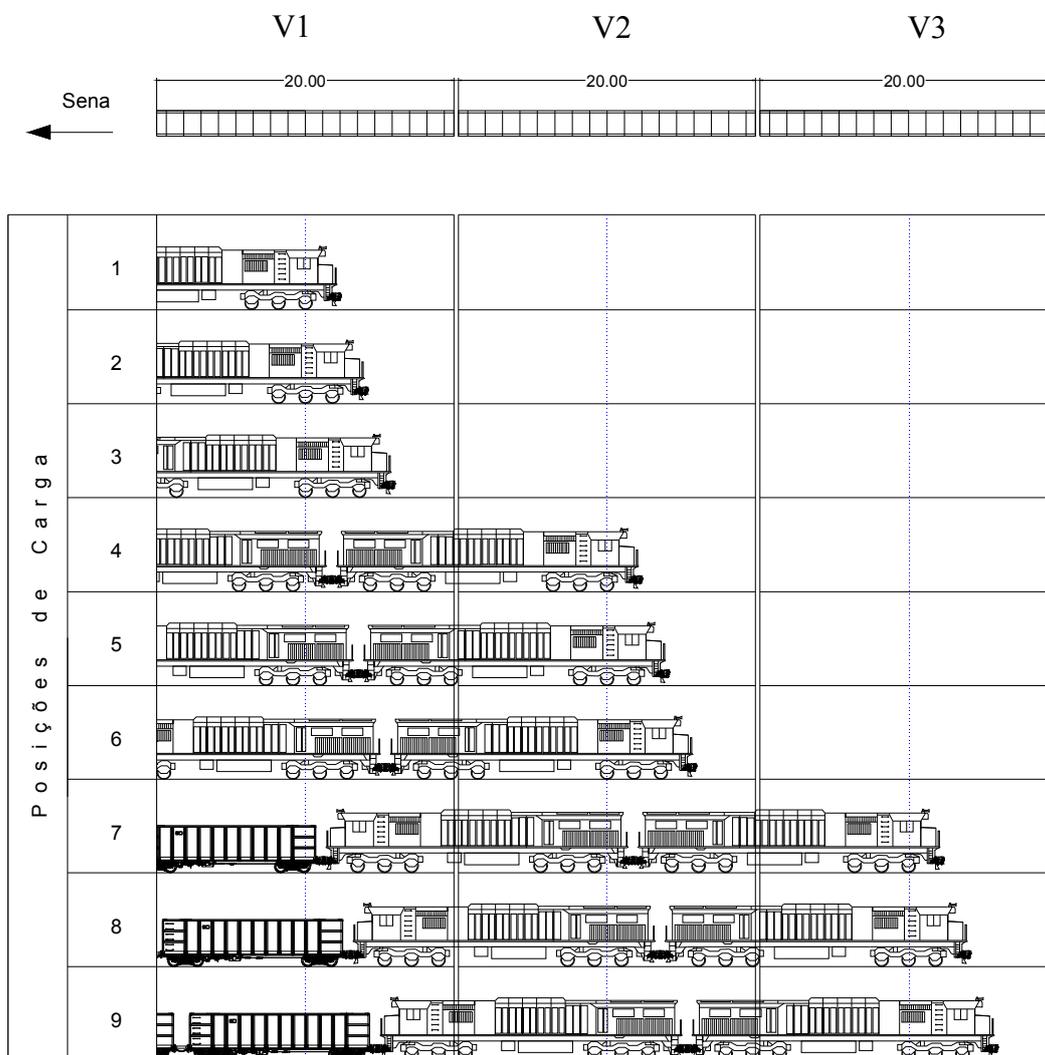


Fig. 22 - Posições de carga no viaduto de Mutarara

Tabela 3 - Valores médios dos deslocamentos verticais no viaduto de Mutarara (mm)

Posição de Carga	Vão V1		Vão V2		Vão V3	
	Med.	Cal.	Med.	Cal.	Med.	Cal.
P1	4.9	5.2				
P2	5.3	5.5				
P3	5.5	5.5				
P4	7.9	7.9	4.7	5.2		
P5	7.1	7.1	5.2	5.5		
P6	6.0	6.1	5.3	5.5		
P7	4.6	4.6	7.6	7.9	4.5	5.2
P8	3.6	3.6	7.0	7.1	4.9	5.5
P9	2.6	2.5	6.1	6.1	5.0	5.5

CONVENÇÃO: + descida; - subida

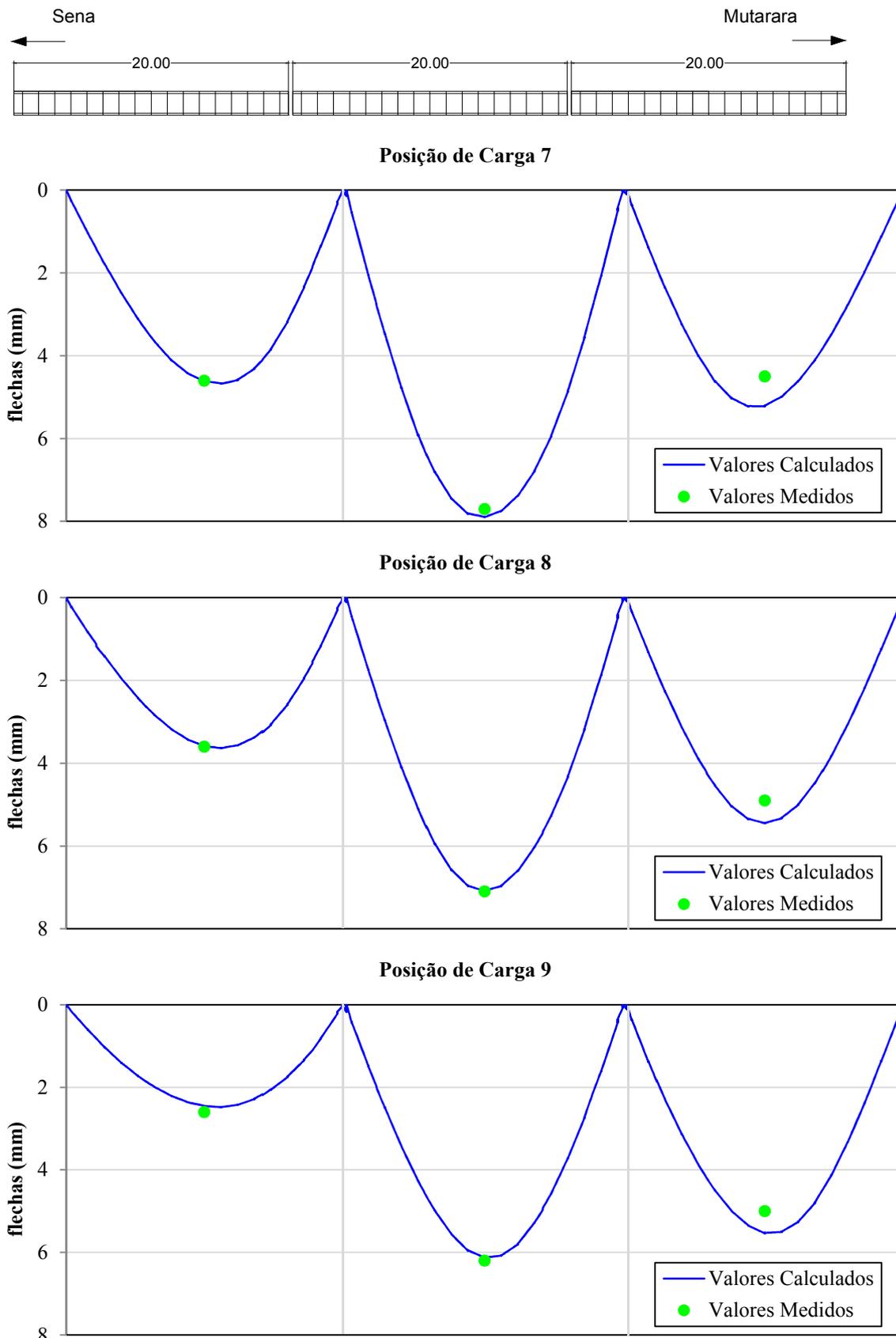


Fig. 23 - Viaduto de Mutarara: Gráfico dos resultados relativos às posições de carga 7 a 9

Durante o ensaio da viga treliçada com 80 m de vão o comboio circulava no sentido Beira-Moatize e era composto por duas locomotivas, dispostas no sentido do movimento e por vagões HL6 vazios.

Durante o ensaio desta viga foram executadas 8 posições de carga e ensaiou-se o primeiro tramo de 80 m contado a partir de sul.

Na Figura 24 encontram-se esquematizadas as posições de carga efetuadas durante o ensaio e na Tabela 4 os valores medidos durante os ensaios.

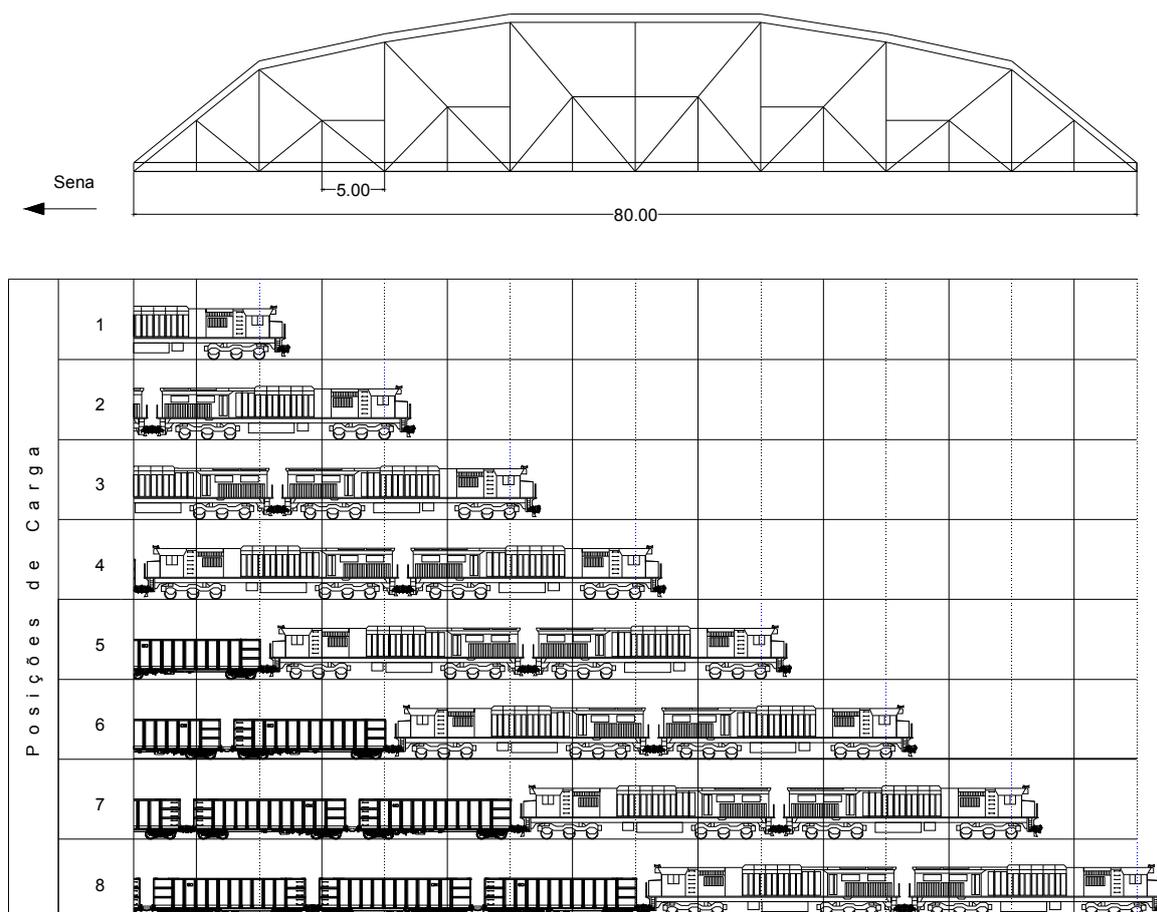


Fig. 24 - Posições de carga da viga treliçada com 80m de vão

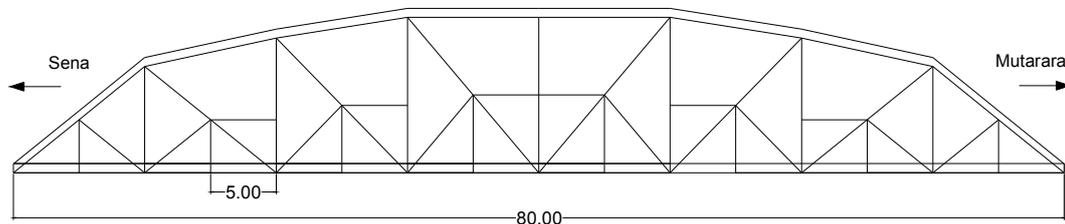
Da leitura da Tabela 4 pode verificar-se que existe uma boa concordância entre os valores medidos e os valores calculados.

Dado que os vagões utilizados durante o ensaio se encontravam vazios, as deformações verticais máximas foram registadas durante as Posições de Carga 5, 6, e 7, respetivamente, para o quarto de vão sul, para o meio vão e para o quarto de vão norte, situações em que as locomotivas se encontrava mais próximas dessas secções, e não na Posição de Carga 8, quando o tabuleiro estava completamente preenchido por material circulante.

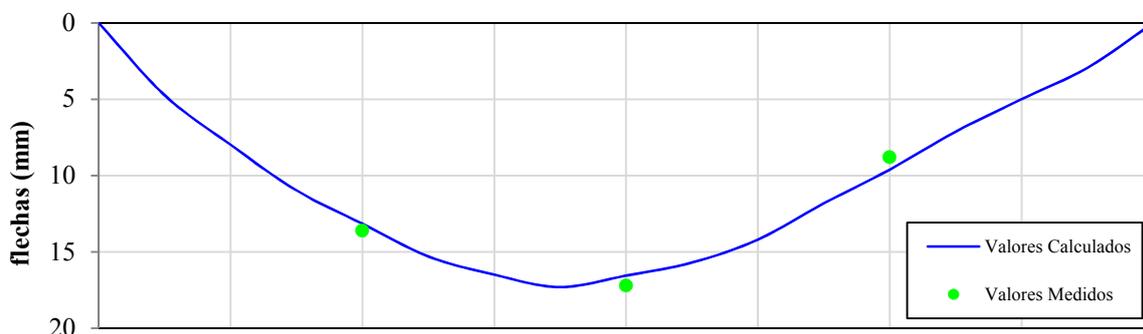
Os valores máximos registados para os deslocamentos verticais no quarto de vão sul, no meio vão e no quarto de vão norte foram, respetivamente, de 13,6 mm, 19,5 mm e 14,6 mm.

Na Fig apresentam-se os desenhos das deformadas calculadas da estrutura, para as posições de carga 5 a 7. Nestes desenhos representam-se igualmente os valores dos deslocamentos

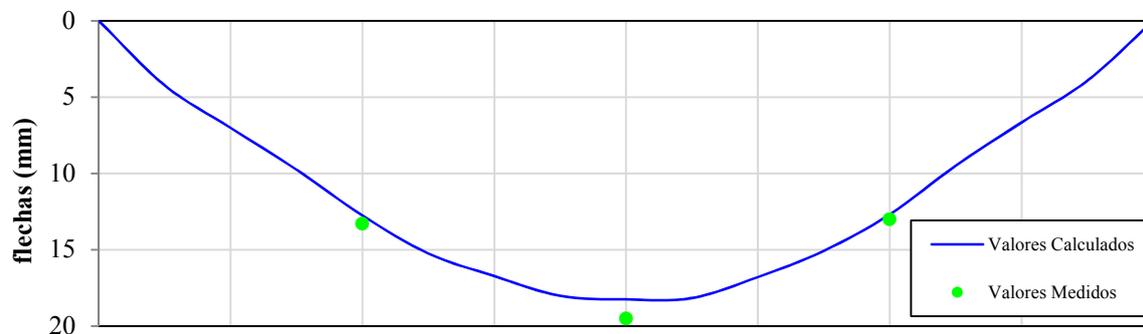
verticais medidos durante o ensaio, de modo a facilitar a comparação entre os valores medidos e calculados.



Posição de Carga 5



Posição de Carga 6



Posição de Carga 7

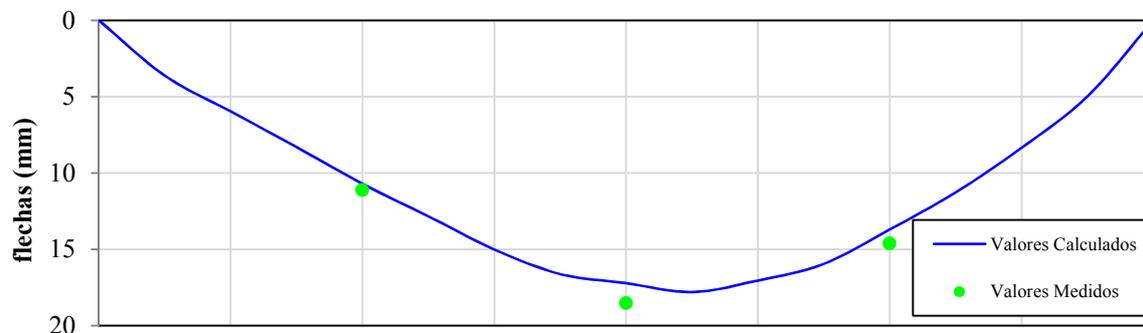


Fig. 25 - Tramo com 80m: Gráfico dos resultados relativos às posições de carga 4 a 6

Tabela 4 - Valores médios dos deslocamentos verticais no tramo de 80m (mm)

Posição de Carga	Vão V1		Vão V2		Vão V3	
	Med.	Cal.	Med.	Cal.	Med.	Cal.
P1	2.2	1.9	1.6	1.4	0.7	0.7
P2	5.0	5.0	3.3	3.8	1.3	1.9
P3	9.2	8.9	7.8	7.9	3.2	4.0
P4	12.0	12.0	12.9	12.9	5.3	6.6
P5	13.6	13.2	17.2	16.5	8.8	9.6
P6	13.3	12.7	19.5	18.2	13.0	12.7
P7	11.1	10.7	18.5	17.2	14.6	13.7
P8	8.2	8.4	15.1	14.0	13.8	12.5

CONVENÇÃO: + descida; - subida

4. AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DAS PONTES

Durante este estudo avaliou-se a capacidade das pontes suportarem material circulante com diferentes pesos por eixo, tendo em consideração, não só as características do material circulante que se encontrava a ser utilizado, mas também as possíveis estratégias para o escoamento do carvão. Deste modo, para as Pontes 1 a 3 da Tabela as verificações foram efetuadas para composições com 20,5 tf/eixo, enquanto para as pontes 4 a 40, dessa tabela, as verificações foram realizadas para comboios com 26 tf/eixo.

4.1 Ações consideradas

Tal como se referiu, na análise da segurança estrutural, utilizaram-se dois tipos de comboio de carga, um constituído por vagões HL6 rebocados por locomotivas GE GT26 (Figura 16) e outro constituído por vagões CC5 rebocados por locomotivas GE Dash9 (Figura 26).

O peso total e por eixo das locomotivas GE GT 26 é, respetivamente, de 122,5 tf e 20,42 tf. Os vagões HL6 têm um peso total de 82 tf, quando carregados e de 19 tf, quando vazios, sendo o seu volume de carga 70,9 m³. Dado que estes vagões têm quatro eixos, o peso por eixo, quando carregados, é de 20,5 tf enquanto, quando vazios, é de 4,75 tf.

No caso dos comboios rebocados por locomotivas Dash 9, o peso total e por eixo das locomotivas é, respetivamente, de 171,2 tf e 21,4 tf. Os vagões CC5 têm um peso total de 104 tf, quando carregados e de 20 tf, quando vazios, sendo o seu volume de carga 85,66 m³. O peso por eixo destes vagões, quando carregados, é de 26 tf e quando vazios de 5 tf.

Em relação às sobrecargas ferroviárias foi também tida em conta a respetiva força de arranque e frenagem.

Para o cálculo das cargas permanentes considerou-se:

- $\gamma_{\text{betão}}$ - 25 kN/m³;
- $\gamma_{\text{aço}}$ - 78 kN/m³;
- γ_{balastro} - 15 kN/m³;
- altura de balastro - 35 cm;
- armamento de via com travessas de betão - 3,9 kN/m;
- armamento de via com travessas de madeira - 3,1 kN/m.

O valor adotado para o peso volúmico do balastro corresponde ao valor medido à saída da pedreira utilizada para o seu fornecimento, afetado de um coeficiente para ter em conta a sua compactação em obra. Relativamente ao armamento de via, os valores adotados resultam dos materiais e equipamentos efetivamente empregues.

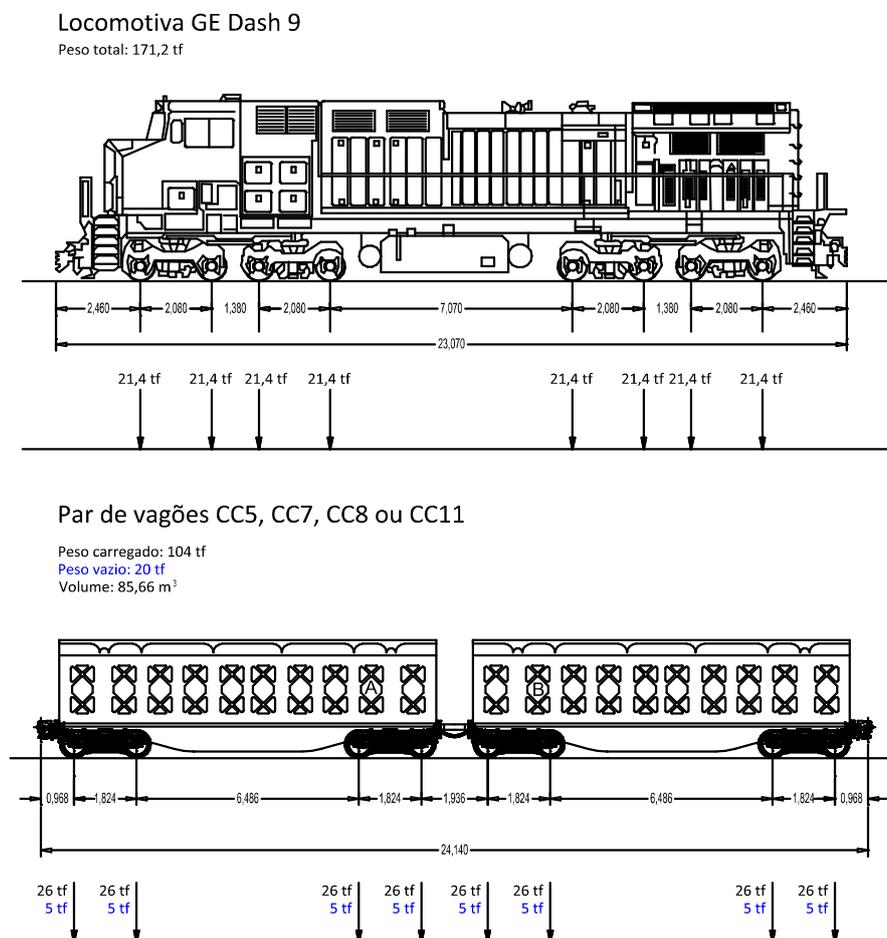


Fig. 26 - Geometria e peso por eixo das locomotivas Dash 9 e vagões CC5

4.2 Características mecânicas dos materiais

Para a ponte do km 283+530 (Ponte 2) e para a ponte Dona Ana (ponte 3), cujas construções datam de cerca de 1930, adotou-se para a tensão de cedência do aço o valor de 200 MPa. Nas verificações das restantes estruturas metálicas considerou-se que a tensão de cedência do aço era 235 MPa, o que corresponde a um limite inferior das tensões de cedência indicadas na NP EN 1993-1-1 “Eurocódigo 3: Projeto de estruturas de aço. Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios” (NP EN 1993-1-1, 2008).

No caso das estruturas de betão calcularam-se as armaduras necessárias tendo em conta secções constituídas por betões das classes C12/15. O aço considerado foi o A235. A adoção destas características deve-se ao facto de não ter sido possível extrair amostras destes materiais durante as inspeções efetuadas.

4.3 Critérios de verificação para as pontes de betão armado

A avaliação da capacidade resistente das pontes de betão armado foi efetuada utilizando os critérios definidos no Eurocódigo 2 (NP EN 1992-1-1, 2010), no Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado (REBAP, 2004) e no “Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes” (RSA, 1983).

Para calcular os esforços resultantes das sobrecargas ferroviárias foi efetuada uma análise estática tendo em conta os coeficientes dinâmicos definidos no RSA, uma vez que as incertezas associadas as características das estruturas não justificam uma análise mais detalhada.

A quantificação das armaduras foi efetuada com base no observado em dois tabuleiros de betão armado, com vãos de 13,5 m (Fig. 27) e de 8,0 m (Fig. 28), que se encontravam destruídos e que tinham sido substituídos por tabuleiros metálicos. Com base no observado nestes tabuleiros foi possível verificar que a percentagem de armadura longitudinal existente era de 0,70%.

Relativamente às armaduras de esforço transverso, tendo em conta que o esforço transversal resistente (V_{Rd}) é calculado somando o valor do termo corretor relativo ao betão (V_{cd}) com o valor da resistência das armaduras de esforço transversal (V_{wd}) e tendo-se verificado que a relação entre V_{wd} e V_{cd} era de cerca de 2,30, nos tabuleiros destruídos, considerou-se que V_{Rd} seria aproximadamente igual a $3,30 \times V_{cd}$, para efetuar a determinação dos esforços transversos resistentes

Sabendo-se que estas pontes foram construídas entre 1939 e 1949, e desconhecendo-se, quer a classe do aço das armaduras utilizadas, quer a resistência do betão à compressão, a relação entre os esforços atuantes e resistentes foi estimada considerando que o aço utilizado era da classe A235 e o betão da classe C12/15.

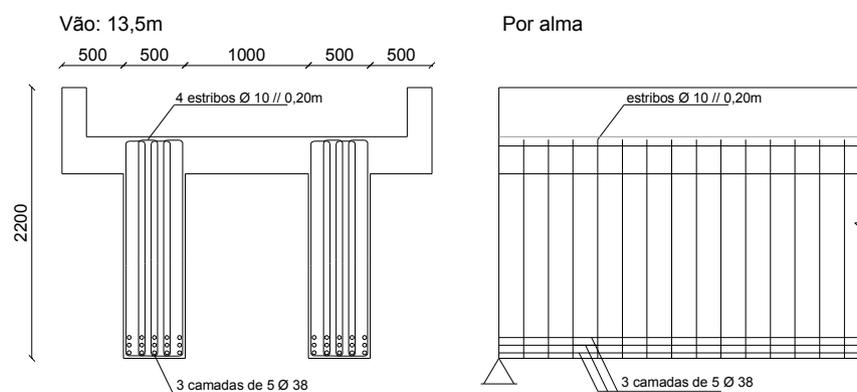


Fig. 27 - Características da antiga ponte do km 451+400

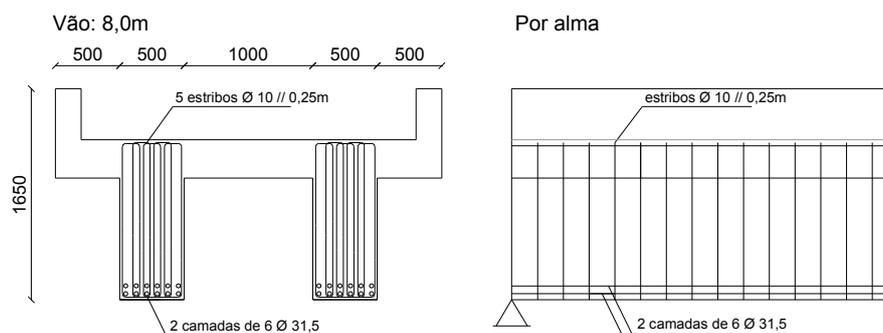


Fig. 28 - Características da antiga ponte do km 460+940

4.4 Critérios de verificação para as pontes metálicas

As verificações da segurança estrutural das pontes metálicas foi efetuada segundo os critérios definidos no Eurocódigo 1 (NP EN 1991-2, 2008) e no Eurocódigo 3 (NP EN 1993-1-1, 2008, NP EN 1993-1-5, 2004, NP EN 1993-1-9, 2003, NP EN 1993-2, 2009).

Os esforços resultantes da ação das sobrecargas ferroviárias foram determinados com base na análise dinâmica das estruturas efetuada de acordo com a NP EN 1991-2.

Em relação às pontes metálicas importa referir que, para além das verificações em relação aos estados limites últimos de resistência, foram também efetuadas verificações em relação aos estados limites últimos de fadiga (Ribeiro, 2004, Kuhn, 2008). Nos pontos 4.4.1 e 4.4.2 apresentam-se, resumidamente, as metodologias utilizadas para efetuar as verificações em relação a estes dois estados limites.

4.4.1 Verificação da segurança em relação aos Estados Limites Últimos de Resistência

Nas verificações em relação aos Estados Limites Últimos de Resistência, para efetuar a majoração de ações utilizou-se um coeficiente de 1,35 para as cargas permanentes e de 1,5 para as ações variáveis. Na redução dos valores resistentes das secções foram utilizados os coeficientes parciais de segurança $\gamma_{M0} = 1,0$ e $\gamma_{M1} = 1,1$, de acordo com a norma NP EN 1993-2.

As envolventes dos esforços de cálculo atuantes, foram calculadas relativamente ao esforço normal (N_{Sd}), ao momento fletor em torno do eixo de maior inércia (M_{ySd}) e ao esforço transversal na direção vertical (V_{Sd}).

Na análise da resistência das secções foram efetuadas as verificações dispostas na norma NP EN 1993-2, mais especificamente as verificações em relação ao esforço normal ($N_{Sd}/N_{pl,Rd}$), ao momento fletor (M_{Sd}/M_{Rd}), ao esforço transversal, à encurvadura da alma ($Shear_b$) e à flexão composta esforço normal-momento fletor, considerando o efeito da encurvadura ($N^*/M^*)_b$.

4.4.2 Verificação da segurança em relação aos Estados Limites Últimos de Fadiga

Para a avaliação da resistência em relação aos Estados Limites Últimos de Fadiga, utilizou-se o disposto nas normas NP EN 1993-1-9 e NP EN 1993-2 tendo-se ainda recorrido à NP EN 1991-2 para a determinação da influência de fatores que afetam o comportamento dinâmico.

A avaliação da resistência à fadiga consiste, resumidamente, na comparação da variação das tensões atuantes, nos vários elementos da estrutura, devidas à passagem de um comboio, com os respetivos valores de resistência à fadiga para um determinado tipo de categoria de pormenor construtivo, que é definido em função do tipo de ligação ou do elemento utilizado (NP EN 1993-1-9, 2003)

Neste estudo a determinação da resistência à fadiga das pontes metálicas foi efetuada utilizando o método do dano acumulado que se rege pela regra de Palmgren-Miner que se baseia no somatório dos danos referentes a cada classe de variação de tensão, de acordo com a equação (1).

$$D_d = \sum_i \frac{n_i}{N_{Ri}} = \frac{n_1}{N_{R1}} + \frac{n_2}{N_{R2}} + \frac{n_3}{N_{R3}} + \frac{n_4}{N_{R4}} \dots \frac{n_i}{N_{Ri}} \leq 1 \quad (1)$$

em que n_i representa o número de ciclos de uma classe de variação de tensão (Figura 29), e N_{Ri} o número máximo de ciclos obtido, em função da classe de amplitude de tensões ($\Delta\sigma_i$), através das curvas de resistência representadas na Fig.



Fig. 29 - (a) Historial de tensões; (b) Espectro de tensões

A determinação dos espectros de tensões para cada uma das secções transversais das diversas pontes foi efetuada com base na contagem de ciclos, pelo Método da Gota de Água (Figura 30), tendo-se para tal desenvolvido um programa de cálculo automático.

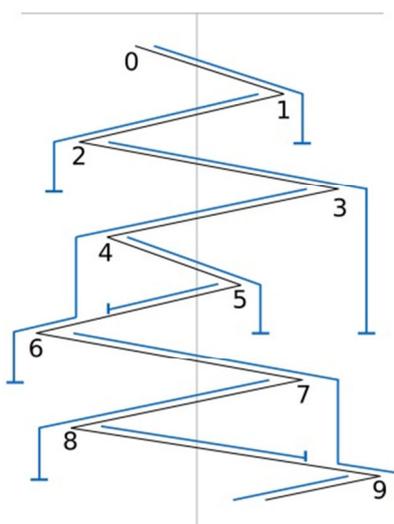


Fig. 30 - Diagrama do Método da Gota de Água

Em função de um determinado pormenor estrutural é definida uma categoria de pormenor à qual está associada uma curva de resistência à fadiga. Relativamente ao caso prático aqui apresentado foi necessário adotar duas categorias de pormenor estrutural distintas, uma para as pontes com elementos rebitados e outra para pontes com elementos soldados. No caso de pontes com elementos rebitados, tais como a ponte Dona Ana e os seus viadutos de acesso, foi adotada a categoria de pormenor 80 associada ao detalhe estrutural “Ligação de simples sobreposição e parafusos injetados não pré-esforçados”, visto ser aquela que se considerou mais adequada, na falta recomendações relativas a ligações rebitadas. Para as restantes pontes foi adotada a categoria de pormenor 100 associada ao detalhe estrutural “Soldadura manual, automática ou totalmente mecânica ...”, que é a mais baixa para perfis soldados, com soldadura contínua. A categoria de pormenor 80 apresenta um valor de resistência à fadiga de

80 MPa aos 2 milhões de ciclos e um valor limite de truncatura de 32.4 MPa. A categoria de pormenor 100 apresenta um valor de resistência à fadiga de 100 MPa aos 2 milhões de ciclos e o seu limite de truncatura é de 40.5 MPa.

As curvas de resistência à fadiga são ainda afetadas por um coeficiente parcial de segurança que é função do tipo de método de verificação adotado na NP EN 1993-1-9. Neste caso foi escolhido o “Método do tempo de vida garantido” que procura assegurar, com uma fiabilidade aceitável, um comportamento satisfatório, sem necessidade de definir um plano de manutenção ou inspeção. A escolha deste método, conjugado com a assunção de que uma eventual rotura terá consequências importantes, designadamente a impossibilidade de utilização da infraestrutura, implica a utilização de um fator de redução da resistência de 1,35. Como resultado as curvas resistência à fadiga passam a ter os valores indicados na Figura 31, representados pela série a vermelho.

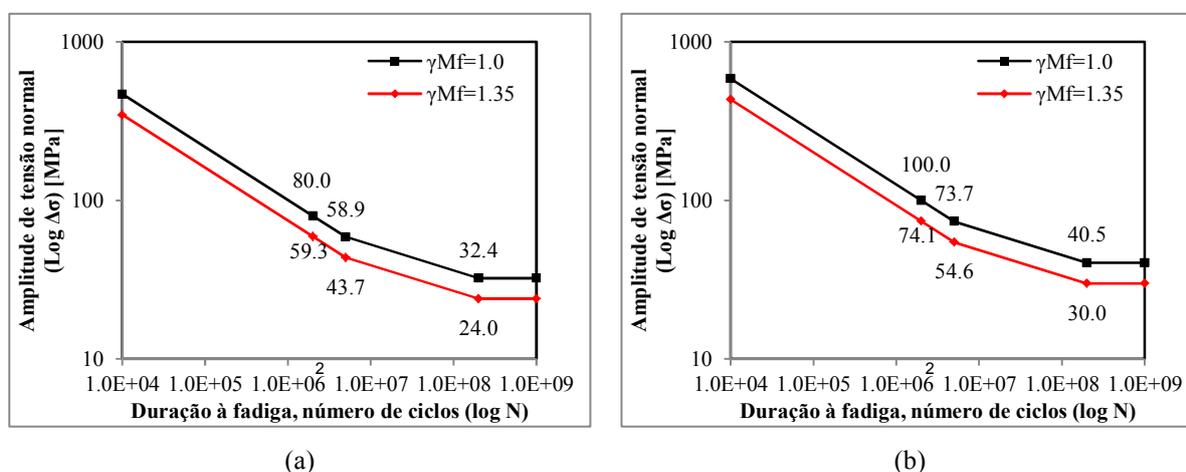


Fig. 31 - Curvas de resistência à fadiga para tensões normais, afetadas dos coeficientes de segurança, para categoria de pormenor: a) 80 MPa; b) 100MPa

A necessidade de efetuar a análise dinâmica do comportamento estrutural depende de diversos fatores, tais como, a velocidade do tráfego, as frequências próprias da estrutura e o seu coeficiente de amortecimento. Os critérios utilizados para se verificar essa necessidade encontram-se definidos no ponto 6.4.4 da NP EN 1991-2 e encontram-se sistematizados no fluxograma apresentado na Figura 32.

Nesta figura está representado o processo de decisão utilizado para determinar a necessidade de efetuar a análise dinâmica das estruturas abrangidas por este estudo. Os dois primeiros critérios são iguais para todas as pontes, visto que a velocidade de projeto é igual a 72 km/h e também porque se trata de estruturas simplesmente apoiadas.

O terceiro critério depende da frequência do primeiro modo vertical de vibração (n_0) e do comprimento do vão (L). Neste caso devem ser cumpridos os limites indicados na Figura 6.10 da NP EN 1991-2.

Na Figura 32 encontra-se representado a amarelo o percurso de decisão correspondente à avaliação das vigas treliçadas e a vermelho o percurso de decisão correspondente à avaliação das pontes constituídas por vigas retas de alma cheia. A diferença entre os dois percursos

reside no facto de, nas vigas treliçadas, a frequência do primeiro modo de torção n_T ser inferior a 1,2 vezes a frequência do primeiro modo de flexão n_0 .

Em função das características das estruturas e das ações existentes verificou-se ser necessário realizar uma análise dinâmica para todas as pontes metálicas. Dado que o amortecimento estrutural tem bastante influência no pico de resposta de uma estrutura durante a passagem de tráfego com velocidades correspondentes ao carregamento de ressonância, foram determinados os coeficientes de amortecimento para as várias estruturas. Este valor foi tomado como 0,5% para estruturas com vão superior ou igual a 20,0 m e para os restantes casos foi determinado de acordo com o Quadro 6.6 da NP EN 1991-2.

Para ter em conta a resposta dinâmica da estrutura face à passagem de um comboio, recorreu-se a uma análise linear do tipo *Time History Analysis* cuja resolução assentou no método da sobreposição modal. Na discretização da carga adotou-se um intervalo de tempo igual a 0,02 s, permitindo deste modo identificar as variações de tensão a que as estruturas em causa estão sujeitas. O fator de amortecimento utilizado em cada um dos modelos é função do vão de cada uma destas estruturas.

Como referido o coeficiente de dano acumulado permite caracterizar a resistência à fadiga das pontes metálicas. Para tal foram determinadas séries temporais de tensões com recurso ao programa SAP2000.

Na verificação da resistência à fadiga calcularam-se as variações das tensões normais e das tensões de corte das secções transversais. No caso das tensões normais devidas à flexão nos perfis em “I”, determinou-se o seu valor na fibra extrema mais tracionada, admitindo uma distribuição de tensões em regime elástico. Quanto às tensões de corte, o seu valor máximo verifica-se no centro de gravidade da secção transversal, tendo-se admitido igualmente uma distribuição elástica. Deve referir-se que, no caso das pontes com elementos rebitados, para a determinação de tensões devidas à flexão e ao esforço normal, consideraram-se valores da inércia e da área inferiores aos correspondentes às secções brutas, para serem tidos em conta os orifícios de passagem dos rebites.

Em relação às vigas treliçadas da ponte Dona Ana, efetuou-se uma análise preliminar que consistiu na determinação das barras que se encontram sujeitas às maiores variações de tensão, para cada tipo de secção transversal. Nesse sentido aplicou-se uma carga móvel, composta por um comboio de vinte vagões e, tirando partido da simetria das pontes, determinaram-se as tensões em metade dos elementos das estruturas. As longarinas mais esforçadas correspondem às situadas junto ao meio vão dos tabuleiros. No caso das carlingas, as mais esforçadas situam-se sobre os apoios.

A determinação das tensões nas vigas treliçadas compreendeu o cálculo de tensões normais devidas a esforços de tração nos elementos da corda inferior, diagonais e montantes e de tensões normais, devidas a esforços de flexão, e de tensões de corte na alma, devidas ao esforço transversal, nas carlingas e longarinas.

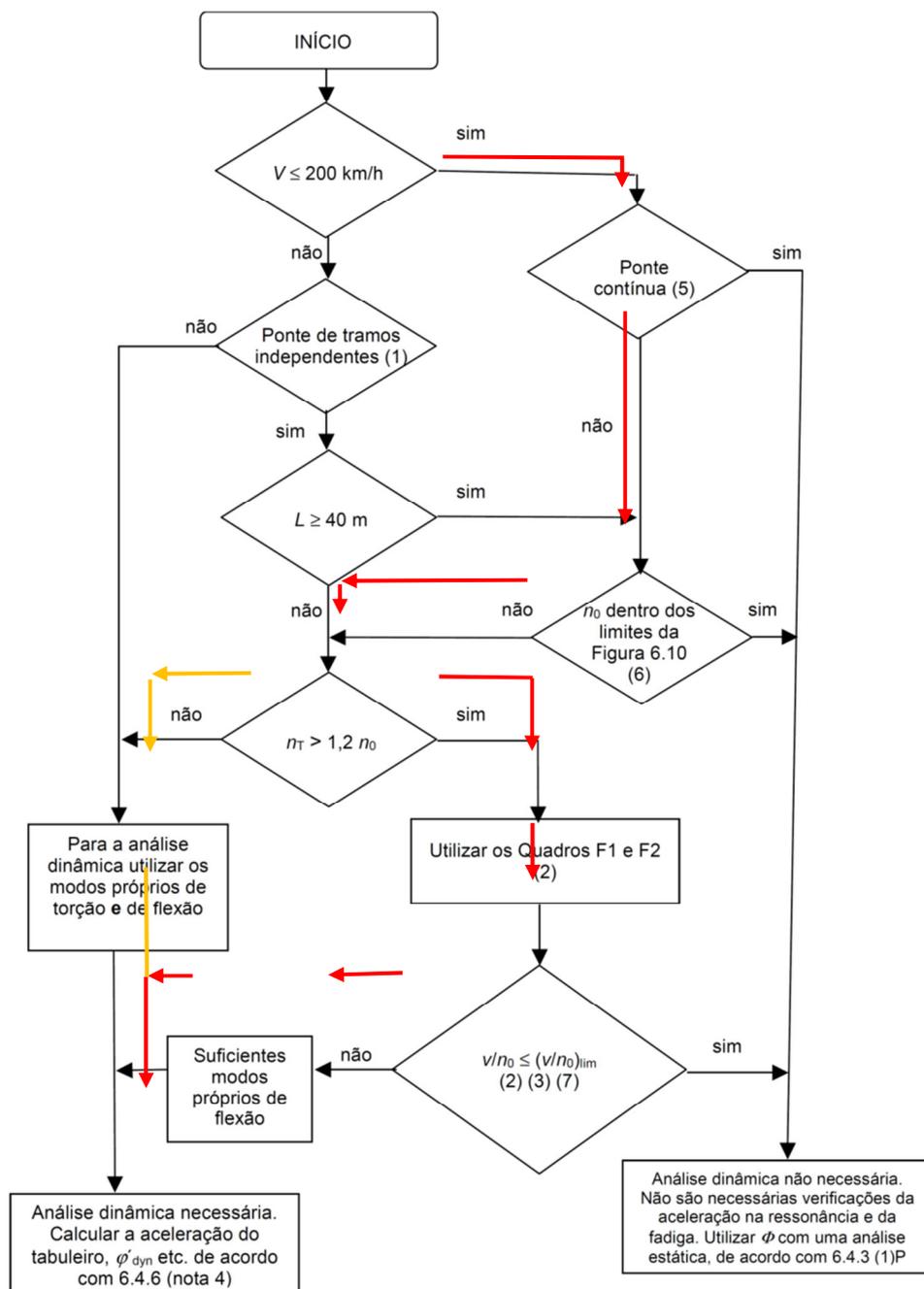


Fig. 32 - Fluxograma para avaliar a necessidade de realizar uma análise dinâmica

Na Figura 33 apresentam-se os históricos de tensões para vários elementos da corda inferior e das diagonais e montantes. Nestes gráficos verifica-se que a variação das tensões devidas à entrada do comboio na ponte, ou à sua saída, pode ser muito superior à variação que resulta da passagem dos sucessivos eixos sobre um dado elemento estrutural, dependendo dos elementos serem ou não diretamente carregados.

A partir da análise deste tipo de figuras é possível verificar que a passagem dos consecutivos eixos dos vagões não provoca variações de tensão superior ao limite de truncatura (24 MPa).

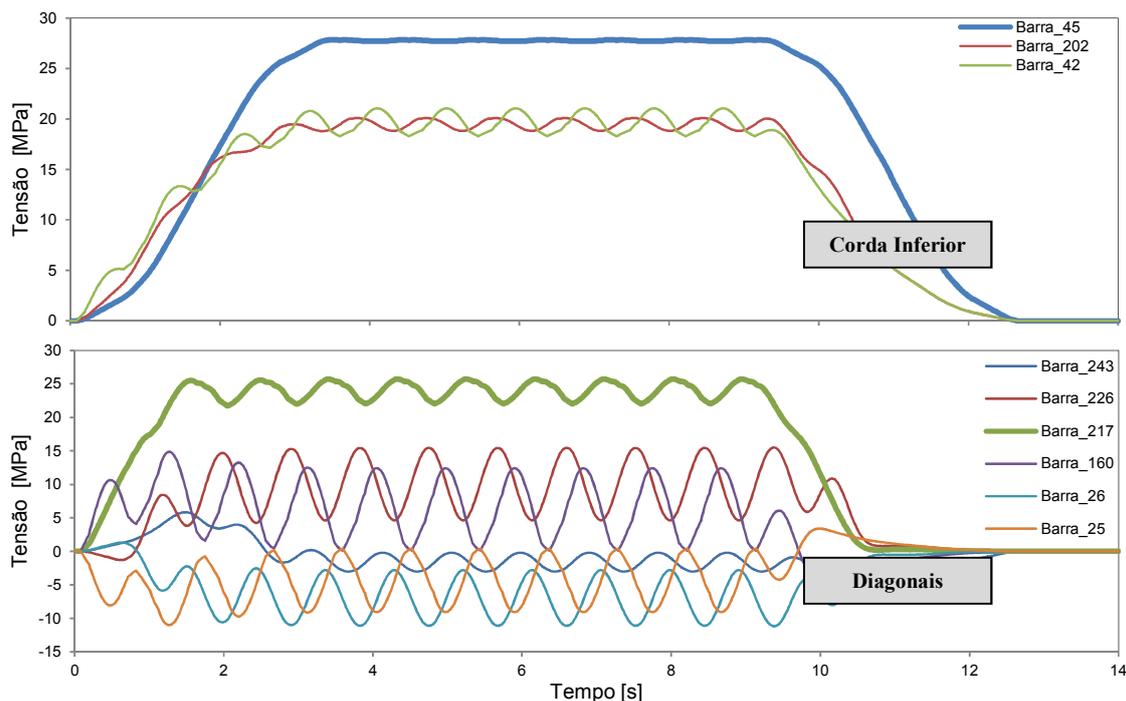


Fig. 33 - Historial de tensões nas barras da viga de 50 m

Da análise preliminar verificou-se que as barras sujeitas a maiores variações de tensões são as representadas a vermelho na **Fig. 34**, tendo-se efetuado a verificação da resistência à fadiga somente nestas barras.

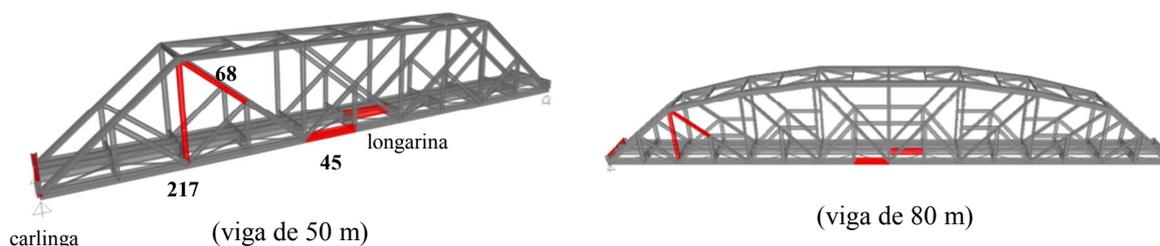


Fig. 34 - Elementos mais solicitados nas vigas treliçadas

A título de exemplo, apresenta-se na Figura 35 um historial de tensões normais na secção de meio vão para uma das pontes.

Relacionado com o historial de tensões da Figura 35 está o histograma de tensões (Figura 36) que caracteriza o número de ciclos associado a cada variação de tensão e a partir do qual é possível determinar o valor do dano acumulado em conjugação com a curva de resistência à fadiga. Na Figura 36, o limite de truncatura (30 MPa), para esta ponte, encontra-se representado pela linha vertical a traço interrompido, indicando o valor abaixo do qual as variações de tensões não causam dano. Através da análise do histograma de tensões é possível verificar que grande parte do dano associado à passagem de um comboio se deve às variações de tensão provocadas pela passagem dos vagões cheios. Por outro lado, o dano associado à passagem do comboio com os vagões vazios está principalmente relacionado com a passagem das locomotivas, já que as variações de tensão referentes aos vagões vazios se situam abaixo do limite de truncatura.

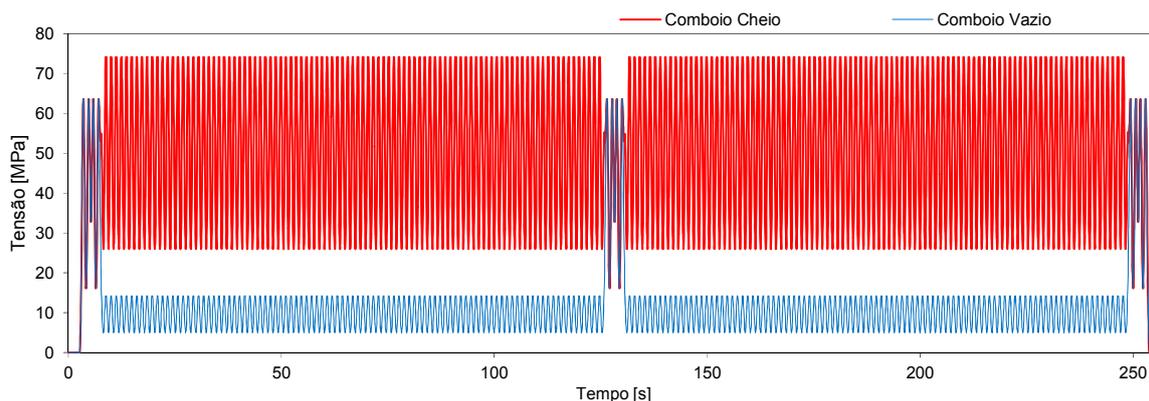


Fig. 35 - Exemplo de historial de tensões, comboio GE Dash9 + CC5

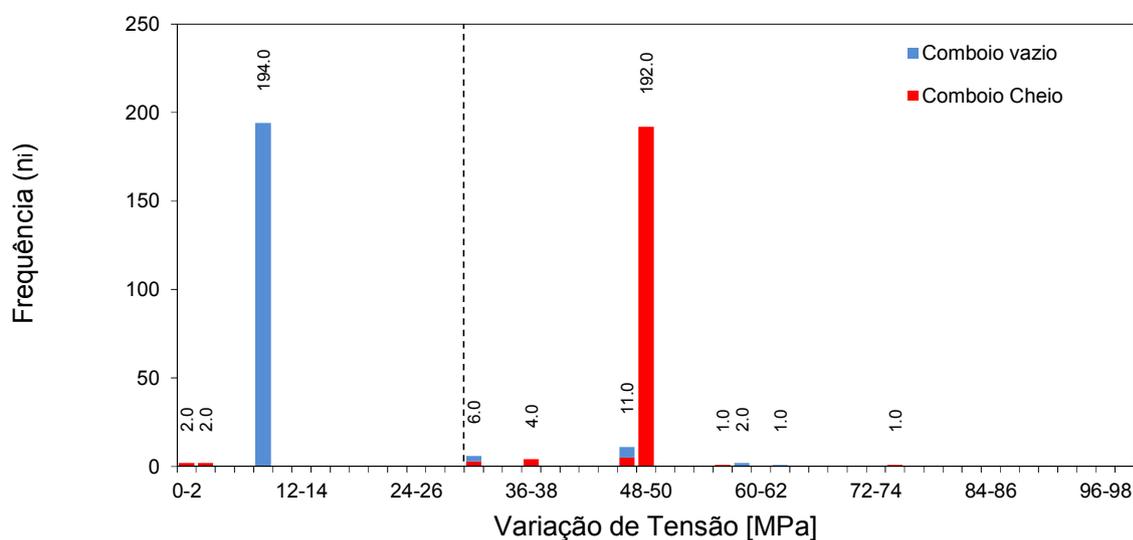


Fig. 36 - Histograma de tensões, comboio GE Dash9 + CC5

5. Resultados obtidos

No ponto 5.1 e no ponto 5.2 apresentam-se, respetivamente e de um modo genérico, os resultados obtidos para as pontes de betão armado e para as pontes metálicas.

5.1 Resultados obtidos para as pontes de betão armado

Dada a inexistência de dados quanto às armaduras existentes nos diversos tabuleiros de betão armado, efetuou-se uma comparação entre as armaduras necessárias para resistir às solicitações a que a via se encontra ou poderá vir estar sujeita e as armaduras existentes em duas pontes da tipologia B2 situadas ao km 451 + 400 e ao km 460 + 940. Os tabuleiros destas pontes foram destruídos e tinham sido substituídos por tabuleiros constituídos por duas vigas metálicas de alma cheia.

Na Tabela 5 apresenta-se o resumo dos dados considerados mais relevantes para este estudo.

Tabela 5 - Comparação entre as armaduras existentes e as armaduras necessárias para duas pontes da tipologia B2

Vão	Ações: CP +	M _{Sd} (kN.m)	V _{Sd} (kN)	Betão	Momento fletor				Esforço transversal			
					Necessário		Existente		Necessário		Existente	
					ρ (%)	A _s (cm ²)	ρ (%)	A _s (cm ²)	ς (%)	A _{sw} /s (cm ² /cm)	ς (%)	A _{sw} /s (cm ² /cm)
8 m	GT26	3035	1589	C12/15	0.331	126.4	0.47	187	0.357	0.3928	0.56	0.618
	Dash9	3797	1994	C12/15	0.422	160.7			0.518	0.5693		
	GT26	3035	1589	C16/20	0.328	125.0			0.303	0.3329		
	Dash9	3797	1994	C16/20	0.411	156.9			0.463	0.5094		
13 m	GT26	6507	2140	C12/15	0.365	194.8	0.62	340	0.333	0.3665	0.56	0.618
	Dash9	7663	2409	C12/15	0.448	239.0			0.409	0.4502		
	GT26	6507	2140	C16/20	0.357	190.8			0.279	0.3066		
	Dash9	7663	2409	C16/20	0.425	226.9			0.355	0.3903		

No caso dos tabuleiros das tipologias B2:8 e B2:13, verifica-se que as percentagens das armaduras existentes são superiores às das armaduras necessárias à passagem de comboios com 26 tf/eixo. No que concerne as restantes pontes de betão armado foram igualmente calculadas as armaduras necessárias, tendo-se concluído que, a terem sido adotadas percentagens de armadura equivalentes, sobre estas pontes podem igualmente passar comboios com 26 tf/eixo.

Com efeito, na época da construção da linha, o dimensionamento das secções de betão armado era efetuado por tensões de segurança, sendo as tensões máximas admissíveis muito inferiores às hoje adotadas. Pode, por exemplo, referir-se que a tensão de compressão máxima admitida para o betão, no regulamento inglês de 1916, era de 42 kgf/cm², pressupondo que as proporções, em volume, dos componentes do betão fossem uma parte de cimento, para duas de areia e quatro de brita. No caso de o betão ser mais rico em cimento poder-se-ia aumentar um pouco o valor da resistência à compressão. Já no regulamento português do betão armado, de 1935, o valor indicado para a resistência à compressão do betão, para as pontes de caminho-de-ferro era 50 kgf/cm².

Em relação aos aços e também para pontes de caminho-de-ferro, os limites da resistência à tração, no regulamento português de 1935, eram de 1200 kgf/cm² e 1500 kgf/cm², respetivamente para o aço normal e para o aço de alta resistência.

Note-se, no entanto, que os valores das ações atuantes não eram afetados por coeficientes de majoração, ao contrário do adotado na regulamentação atual, embora os comboios preconizados na regulamentação da época, para o dimensionamento das estruturas, apresentassem cargas bastante elevadas e com afastamento reduzido, como se pode observar na Figura 37, onde se reproduz o disposto no Regulamento de Pontes Metálicas, de 1929 (Decreto N.º 16871, de 27 de Abril de 1929), que definia as ações a utilizar igualmente nas pontes de betão.

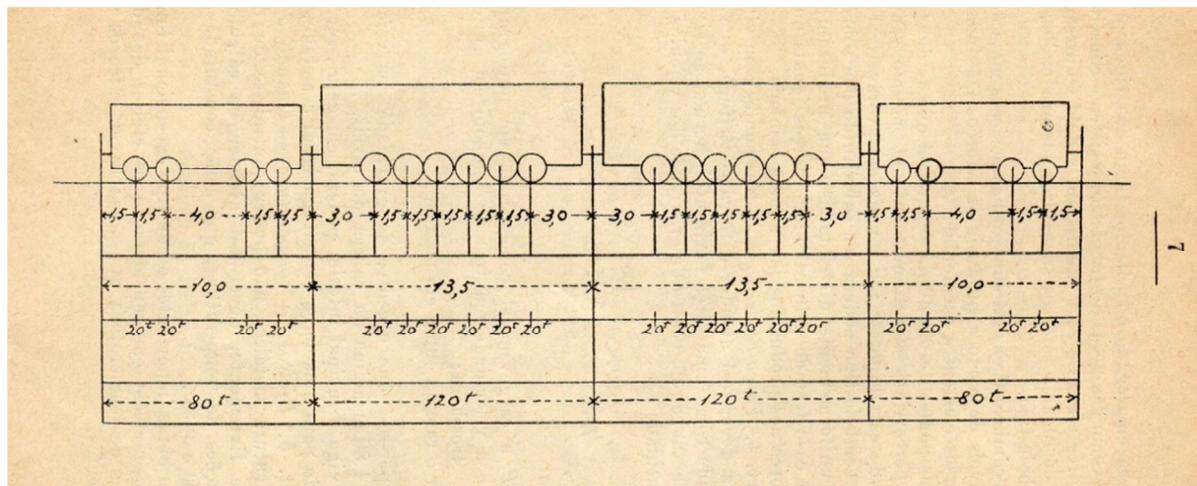


Fig. 37 - Regulamento de Pontes Metálicas, de 1929: Sobrecargas ferroviárias

5.2 Resultados obtidos para as pontes metálicas

As verificações de segurança das pontes metálicas foram efetuadas considerando ou não a fadiga. Foram igualmente considerados dois tipos de comboio. As verificações das pontes 1 a 3 foram efetuadas para comboios de 20,5 tf/eixo, enquanto as das restantes pontes foram efetuadas para comboios de 26 tf/eixo, devido aos motivos anteriormente expostos.

5.2.1 Estados Limites Últimos não envolvendo a fadiga

Na verificação de segurança das diversas pontes metálicas foram tidas em conta as ações relativas a cada um dos comboios já referidos, a respetiva força de arranque e frenagem e ainda as ações correspondentes ao peso próprio da estrutura e ao armamento de via. Uma vez que, em cada uma das pontes com múltiplos vãos, a secção transversal é a mesma, esta verificação foi efetuada para o vão com maior comprimento.

Relativamente à majoração de ações utilizou-se um coeficiente de 1,35 para as cargas permanentes e de 1,5 para as ações variáveis, valor este afetado ainda do coeficiente de amplificação dinâmica que é função do vão de cada uma das pontes. Na redução dos valores resistentes das secções foram utilizados os coeficientes parciais de segurança $\gamma_{M0} = 1,0$ e $\gamma_{M1} = 1,1$, de acordo com a norma NP EN 1993-2.

No que respeita às ações variáveis, foram considerados dois tipos de comboio de carga, um com a locomotiva GE GT26 e outro com a locomotiva GE Dash9. Para cada um destes tipos de comboio foi calculada uma envolvente de esforços para as diversas estruturas, mais concretamente envolventes do esforço normal atuante (N_{Sd}), do momento fletor atuante em torno do eixo de maior inércia (M_{ySd}) e do esforço transversal atuante na direção vertical (V_{Sd}).

Na análise da resistência das secções foram efetuadas as verificações dispostas na norma NP EN 1993-2, mais especificamente as verificações ao esforço normal ($N_{Sd}/N_{pl,Rd}$), aos esforços de flexão (M_{Sd}/M_{Rd}), ao esforço transversal, à encurvadura da alma ($Shear_b$) e à flexão composta esforço normal-momento flector, considerando o efeito da encurvadura (N^*/M^*)_b.

Em resultado das verificações de segurança efetuadas para as diversas pontes metálicas, foi possível concluir que todas as pontes metálicas verificam a segurança estrutural.

5.2.2 Estados limites últimos de fadiga

Como anteriormente referido o coeficiente de dano acumulado permite caracterizar a resistência à fadiga das pontes metálicas. Para tal foram determinadas séries temporais de tensões obtidas a partir do programa de cálculo automático utilizado.

A construção do modelo numérico consistiu na definição das estruturas como modelos de elementos finitos e na definição de comboios de cargas correspondentes ao comboio de 6 locomotivas GE GT36 + 196 vagões HL6 e ao comboio de 6 locomotivas GE Dash9 + 180 vagões CC5. Definidas as estruturas e os comboios de cargas determinou-se o dano acumulado (D_d) relativo à passagem de um comboio com os vagões cheios e ao seu regresso com os vagões vazios.

A título de exemplo, apresenta-se na Figura 38 um historial de tensões normais na secção de meio-vão para a Ponte 31, que possui 10,77 m de comprimento. Nesta figura encontram-se duas séries temporais, uma em que o comboio circula com os vagões cheios (linha vermelha) e a outra com os vagões vazios (linha azul). Na parte inferior da figura são apresentadas, com um maior detalhe as zonas de transição entre as locomotivas e os vagões, na qual é possível identificar os níveis de variações de tensão associadas à passagem os eixos.

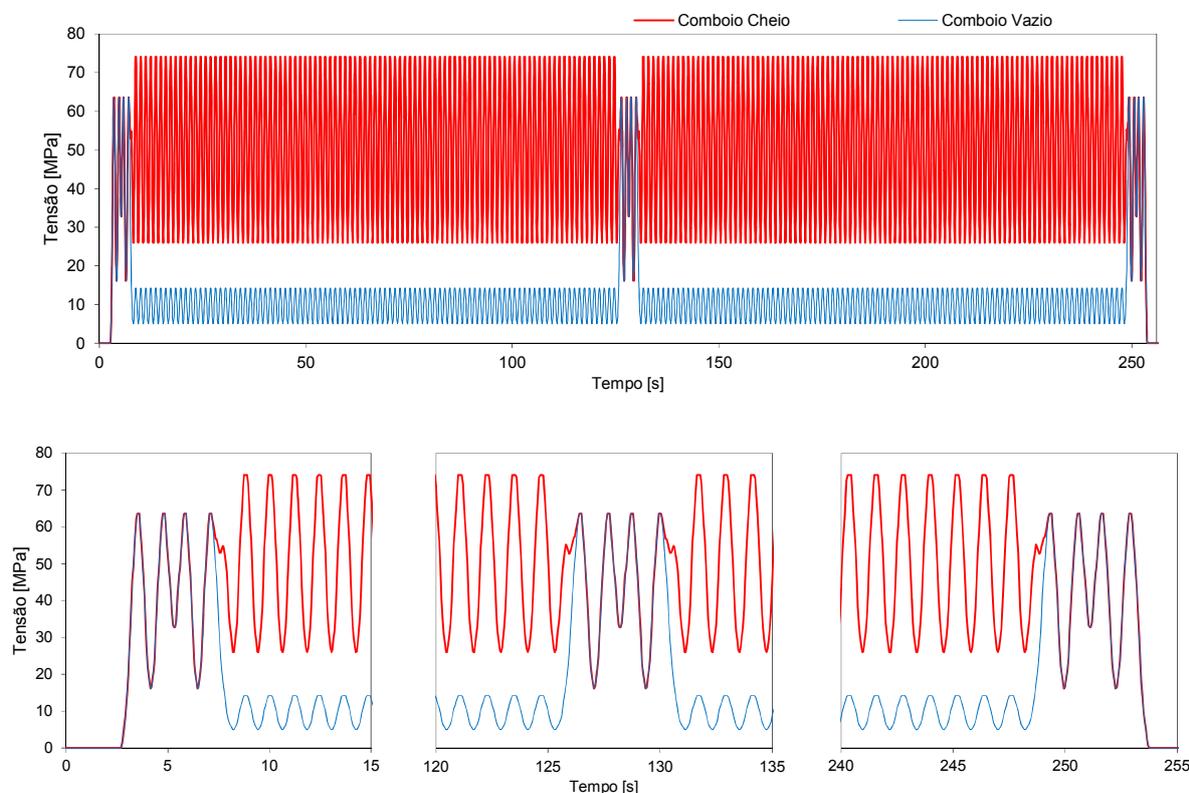


Fig. 38 - Exemplo de historial de tensões, comboio GE Dash9 + CC5

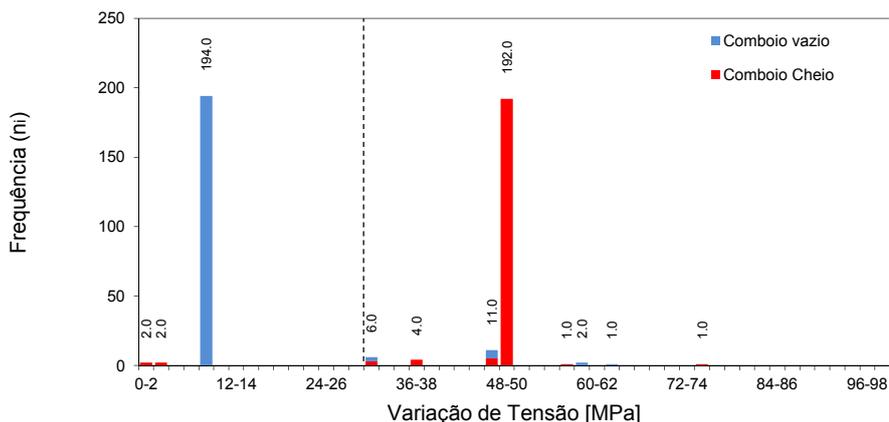


Fig. 39 - Histograma de tensões, comboio GE Dash9 + CC5

Definidas as diversas estruturas e os comboios de cargas determinou-se o dano acumulado (D_d) associado à passagem de um comboio com os vagões cheios e ao seu regresso com os vagões vazios.

Através do dano referente à passagem de cada comboio e sabendo a estratégia de transporte de carvão definida (Tabela 6) foi possível estimar o período de vida das estruturas em relação a fenómenos de fadiga (Ano de falha), o número total de passagens de cada comboio e ainda o volume total transportado de carvão.

Nesta análise considerou-se que os comboios que circulariam entre Moatize e o porto da Beira poderiam ter características diferentes daqueles que circulariam entre Moatize e um porto alternativo, embora o troço entre Moatize e Mutarara pudesse ser comum às duas possibilidades. Por este motivo as pontes entre a Beira e Mutarara foram estudadas para comboios constituídos, até ao ano de 2020, por duas locomotivas GE GT26 - CIU2 e quarenta e seis vagões HL6, o que corresponde a uma composição capaz de transportar 2 898 tf de carvão, com 650m de extensão. A partir de 2020 os comboios considerados são formados por cinco locomotivas GE GT26 - CIU2 e cem vagões HL6, formando composições com 1 425 m de extensão, capazes de transportar 6 300 tf de carvão.

As pontes entre Mutarara e Moatize foram estudadas para comboios, com 2,5 km de extensão, constituídos por:

- 2 locomotivas GE GT26 + 90 vagões HL6 + 2 locomotivas GE GT26 + 90 vagões HL6 + 2 locomotivas GE GT26 (11 340 tf de carvão),

ou:

- 2 locomotivas GE Dash 9 + 98 vagões CC5 + 2 locomotivas GE Dash 9 + 98 vagões CC5 + 2 locomotivas GE Dash 9 (16 464 tf de carvão).

Os resultados obtidos permitiram prever os anos de falha para as diversas estruturas. No caso da Ponte 1 e da ponte Dona Ana (Ponte 3) e respetivos viadutos de acesso prevê-se que não venham a ocorrer danos com origem em fenómenos de fadiga antes do ano 2100, também a para a Ponte 2, a previsão para o ano de falha é bastante longínqua (2085).

Em relação às pontes metálicas localizadas entre Mutarara e Moatize, os anos de falha dependem do tipo de comboio considerado. Se for considerado um comboio de 20,5 tf/eixo prevê-se que metade das pontes não apresentem danos com origem em fenómenos de fadiga antes do ano 2100, enquanto a outra metade possa apresentar problemas no espaço de 25 a 50

anos. A consideração de comboios de 26 tf/eixo obviamente abrevia os horizontes temporais previstos, passando a antever-se que existam duas pontes com anos de falha posteriores a 2100, enquanto para as restantes os danos relacionados com a fadiga poderão aparecer daqui a 20 ou 50 anos, consoante os casos.

Tabela 6 - Estratégia de transporte de carvão (Mton/Ano)

Anos	Carvão Transportado 26 tf/eixo (Mton/Ano)	Carvão Transportado 20,5 tf/eixo (Mton/Ano)
2009 - 2013	3	3
2014 - 2019	6	6
2020 - 2026	25	20
2027 - 2029	40	20
2030 - 2035	50	20
2036 - 2038	90	20
2039	100	20

Foram igualmente determinados os danos associados às tensões de corte, tendo-se definido a categoria de pormenor 100 associada a tensões de corte nas almas. Dos resultados obtidos para ambos os comboios verificou-se que os valores de dano não são condicionantes.

6. CONCLUSÕES

O presente estudo aborda a avaliação da capacidade resistente das pontes da Linha de Sena, em Moçambique, listadas na Tabela 1.

Os dados existentes indiciam que os tabuleiros de betão armado que foram estudados permitem a utilização da linha por comboios com 26 tf/eixo.

Os requisitos de armadura, para as pontes relativamente às quais não foi possível efetuar a sua quantificação, são aceitáveis e consentâneos com os observados nas pontes onde foi possível efetuar a medição dos varões utilizados.

As metodologias utilizadas mostraram-se adequadas tendo permitido esclarecer as questões relacionadas com a segurança estrutural das obras de arte estudadas, da linha de Sena.

Relativamente à ponte Dona Ana e às restantes pontes metálicas situadas entre Sena e Caia, para as quais se prevê apenas a passagem de comboios até 20,5 tf/eixo, concluiu-se que reúnem as condições necessárias à circulação ferroviária, sendo bastante longínqua a data em que se prevê que surjam problemas relacionados com a fadiga.

Para as pontes situadas entre Mutarara e Moatize, deve ter-se em atenção os horizontes temporais estimados para o eventual aparecimento de problemas de fadiga, que no caso de algumas das pontes, poderá obrigar ao seu reforço ou substituição, de modo a garantir o funcionamento destas estruturas sem que surjam danos num horizonte temporal não inferior a 50 anos. Presume-se que este reforço ou substituição só venha a ser necessário no período próximo do ano de falha de cada uma das estruturas em causa, podendo essa tomada de decisão ser auxiliada pela implementação de planos periódicos de manutenção e de inspeção.

Relativamente às pontes com tabuleiros de betão armado os resultados obtidos indicam que podem ser adequados à utilização da linha por comboios com 26 tf/eixo.

Os requisitos de armadura, para as pontes relativamente às quais não foi possível efetuar a sua quantificação, são aceitáveis e consentâneos com os observados nas pontes onde foi possível efetuar a medição dos varões utilizados.

Tendo em conta os resultados obtidos nas verificações da segurança estrutural, concluiu-se que, para além de ser necessário efetuar inspeções periódicas a estas obras, convém observar o comportamento *in situ* sob a ação de cargas crescentes de alguns tabuleiros de betão armado, dadas as incertezas que resultam do facto de esta avaliação ter sido realizada sem ter sido possível obter a totalidade dos dados referentes a algumas destas obras.

No que diz respeito às estruturas metálicas igualmente situadas entre Mutara e Moatize, concluiu-se ser satisfatória a verificação da segurança em relação aos estados limites últimos de resistência, para ambos os tipos de comboio.

No que concerne as verificações efetuadas em relação aos estados limites últimos de fadiga pôde concluir-se que a utilização de comboios com 26 tf/eixo abrevia a vida útil destas estruturas, podendo tal facto vir a ser melhorado se forem efetuados reforços, com o objetivo de aumentar a inércia, nas zonas das vigas onde se verificam as maiores variações de tensão.

REFERÊNCIAS

[1]-Kuhn B; et. al. - Assessment of Existing Steel Structures - Recommendations for Estimation of the Remaining Fatigue Life. JRC, 2008.

[2]-Edgar Cardoso - Laboratório de Estruturas - Condições Técnicas e Elementos de Projecto. Inspeção de Pontes. Tomo 3/4, Vol. 2/4. Relatórios de Inspeção Edgar-Cardoso”. 2013.

[3]-NP EN 1991-2 - Eurocódigo 1: Acções em estruturas - Parte 2: Acções de tráfego em Pontes. IPQ, 2008.

[4]-NP EN 1992-1-1 - Eurocódigo 2: Projecto de estruturas de betão - Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios. IPQ 2010

[5]-NP EN 1993-1-1 - Eurocódigo 3: Projecto de estruturas de aço - Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios. IPQ, 2008.

[6]-NP EN 1993-1-5 - Eurocódigo 3: Projecto de estruturas de aço - Parte 1-5: Elementos estruturais em placa. CEN, 2004.

[7]-NP EN 1993-1-9 - Eurocódigo 3: Projecto de estruturas de aço - Parte 1-9: Fadiga. CEN, 2003.

[8]-NP EN 1993-2 - Eurocódigo 3: Projecto de estruturas de aço - Parte 2: Pontes metálicas. IPQ, 2009.

[9]-Oliveira, A. Xu, M. Silveira, P. - Levantamento Geométrico e Modelação Estrutural da Ponte de Dona Ana, sobre o Rio Zambeze, em Moçambique, Relatório 123/2012-NOE, LNEC, 2012.

- [10]-REBAP - Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado. INCM, 1984.
- [11]-Ribeiro, D. - Comportamento Dinâmico de Pontes sob Acção de Tráfego Ferroviário a Alta Velocidade. FEUP, 2004.
- [12]-RSA - Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes. INCM, 1983.
- [13]-Silveira, P., Oliveira, A., Coelho, T., Xu, M. - Estudo sobre as condições de serviço da ponte ferroviária de D. Ana, sobre o rio Zambeze, em Moçambique, Relatório 143/2012-NOE, LNEC, 2012.
- [14]-Silveira, P., Oliveira, A. - Relatório de síntese das inspeções de pontes efetuadas, em setembro de 2012, na linha de Sena, em Moçambique. Relatório 262/2012 - DE/NOE, LNEC, 2012.
- [15]-Siveira, P., Coelho, T. - Avaliação da resistência à fadiga em pontes metálicas da linha de Sena, em Moçambique. Relatório 271/2014 - DE/NOE, LNEC, 2014.
- [16]-Silveira, P., Santos, J.P. & Coelho, Tiago, Ponte de Dona Ana - Avaliação da Capacidade Resistente de Pontes da Linha de Sena para a Circulação de Comboios de 26 Toneladas por Eixo, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Relatório 223/2016 - DE/NOE.

ARTIGO REF: 6764

SUBSTITUIÇÃO DO ARMAMENTO DE VIA DA PONTE DONA ANA: UMA SOLUÇÃO TECNICAMENTE INOVADORA

Paulo Silveira^{1(*)}, Pedro Oliveira¹, Francisco Asseiceiro², Anísio Baimha³

¹Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal

²Mota-Engil Engenharia e Construção, Amarante, Portugal

³Portos e Caminhos de Ferro de Moçambique, Maputo, Moçambique

(*)*Email*: paulo.silveira@lnec.pt

RESUMO

Na presente comunicação apresenta-se o estudo desenvolvido pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil, no âmbito da substituição do armamento de via da Ponte Dona Ana, em Moçambique, correspondendo ao pedido de colaboração efetuado pela Mota-Engil Ferrovias. A Ponte Dona Ana permite fazer a ligação das duas margens do rio Zambeze, entre Sena e Mutarara. Foi construída entre 1925 e 1931 e tem um comprimento total de 3677,21 m, sendo, ainda hoje, uma das pontes ferroviárias mais extensas de África.

A substituição do armamento de via existente por um sistema em barra longa soldada, sem recurso a aparelhos de dilatação de via, constitui uma solução totalmente inovadora que possibilita corresponder ao conjunto das condicionantes existentes.

Este tipo de solução possibilita ampliar a extensão de via sem interrupções e reduzir os custos associados à sua manutenção, no entanto, o seu carácter inovador implicou que tivesse sido necessário prever as consequências decorrentes da interação entre a via e a estrutura.

O estudo efetuado implicou a inspeção e levantamento geométrico da Ponte Dona Ana, o seu ensaio de carga, a realização de ensaios para caracterização do comportamento das fixações dos carris às travessas e destas à estrutura, e ainda a realização de diversos ensaios *in situ* para poder validar o estudo teórico realizado e comprovar a eficácia da solução adotada.

Os resultados obtidos a partir dos ensaios realizados permitiram concluir que a solução de barra longa soldada adotada para o armamento de via garante o seu bom desempenho e diminui os custos relacionados com a manutenção uma vez que a vertente inovadora evita a utilização de aparelhos de dilatação de via.

Foi também possível constatar que os problemas de estabilidade da via, que existiam com a solução de via com juntas, foram ultrapassados.

1. INTRODUÇÃO

Por solicitação da Mota-Engil Ferrovias, o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) desenvolveu um estudo relacionado com a substituição do armamento de via da Ponte Dona Ana, no âmbito da reabilitação da Linha de Sena, em Moçambique.

Este estudo implicou a caracterização e a avaliação da interação entre a via e a estrutura, tendo-se para tal efetuado ensaios laboratoriais para caracterização das fixações dos carris às travessas, tanto do tipo permissivo, como do tipo não permissivo e também ligações das travessas ao tabuleiro, com base no que se efetuou a modelação das ligações do armamento de via.

A modelação do comportamento estrutural foi realizada com base no levantamento efetuado pelo LNEC a esta ponte, tendo-se efetuado a aferição dos modelos desenvolvidos por meio de ensaios de carga.

Com base nos estudos realizados foi possível definir a distribuição das fixações permissivas e não permissivas dos carris ao longo desta estrutura e ainda ensaios de campo para comprovar a eficácia da solução proposta e dos modelos utilizados.

2. PERSPECTIVA HISTÓRICA

Anteriormente à existência da Ponte Dona Ana a ligação ferroviária entre as margens norte e sul do rio Zambeze ser feita por um *ferry* que efetuava o transbordo de passageiros e mercadorias entre a estação de Chindio, término da Central Africa Railway Company, localizada na margem norte do Zambeze, e a estação de Murraça, término da Trans-Zambezia Railway, situada na margem sul.

A ligação entre as duas estações encontrava-se sazonalmente sujeita a grandes constrangimentos, devido ao abaixamento periódico do nível de água do Zambeze e ao assoreamento dos seus leitos marginais, o que obrigava a ir alterando os pontos de acostagem das barcaças e também a reduzir a carga transportada para diminuir o seu calado. Esta situação dificultava o acesso ao porto da Beira, quer a partir do distrito de Mutarara, quer a partir da Niassalândia.

Com efeito já desde 1912 que se equacionava a construção de uma ponte ferroviária sobre o rio Zambeze, mas o início da 1ª Guerra Mundial, em 1914, veio a retardar esse plano, que começou a ser concretizado em 14 de julho de 1925 com a celebração de um contrato entre a República Portuguesa e Central Africa Railway Company para construção e exploração de uma ponte. Na sequência deste contrato e do despacho do Ministro das Colónias, de 7 de dezembro de 1927, foi enviado um ofício da Direção Geral do Ministério das Colónias do Oriente, em 10 de dezembro de 1927, à Central Africa Railway, com a autorização para a construção.

Inicialmente foi considerada a construção de uma ponte de baixo nível com um tramo móvel, mas posteriormente, para garantir as condições de navegabilidade do rio Zambeze, optou-se por uma ponte com um tabuleiro a uma cota mais elevada.

O local para construir a nova ponte ferroviária foi escolhido com base nos estudos efetuados tendo-se optado pela construção entre Sena e Mutarara, junto à povoação de Dona Ana, o que obrigou a prolongar a linha da margem sul, entre Murraça e Sena e também a construir, na margem norte, um ramal, com 39 km de extensão entre Baué e Mutarara.

Assim, a construção da ponte Dona Ana iniciou-se em 1930 (Figura 1 Fig) e a sua entrada em serviço ocorreu em 14 de janeiro de 1935 (Figura 2), após o que, o ramal Baué-Chindio foi abandonado.

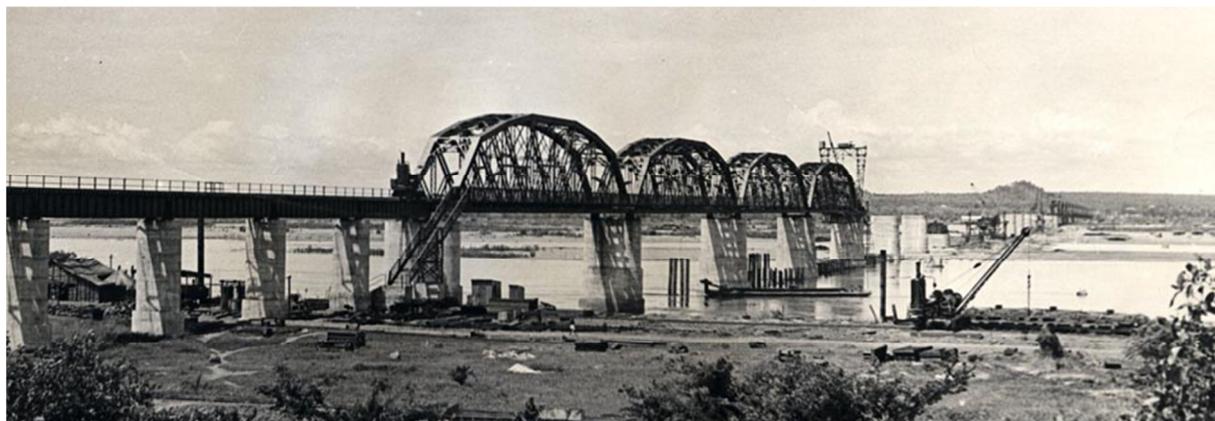


Fig. 1 - Construção da ponte de Dona Ana



Fig. 2 - Ponte Dona Ana à época da sua inauguração.

A empresa construtora foi a Cleveland Bridge and Engineering Co., Limited, de Darlington, Inglaterra, sendo sido o projeto e a supervisão da construção efetuadas por duas empresas de consultores, designadamente a Livesey Son and Henderson, de South Palce, London Eastern Central e a Rendal, Palmer and Tritton, de Brodway, London South Western.

A seguir à independência de Moçambique a circulação na linha de Sena sofreu diversas interrupções, devido a atos de sabotagem, tendo a ponte Dona Ana sido adaptada para satisfazer unicamente a circulação rodoviária em 1995 (Figura 3). Entre 2006 e 2009 esta ponte foi reabilitada, tendo regressado ao tráfego ferroviário (Figura 4).

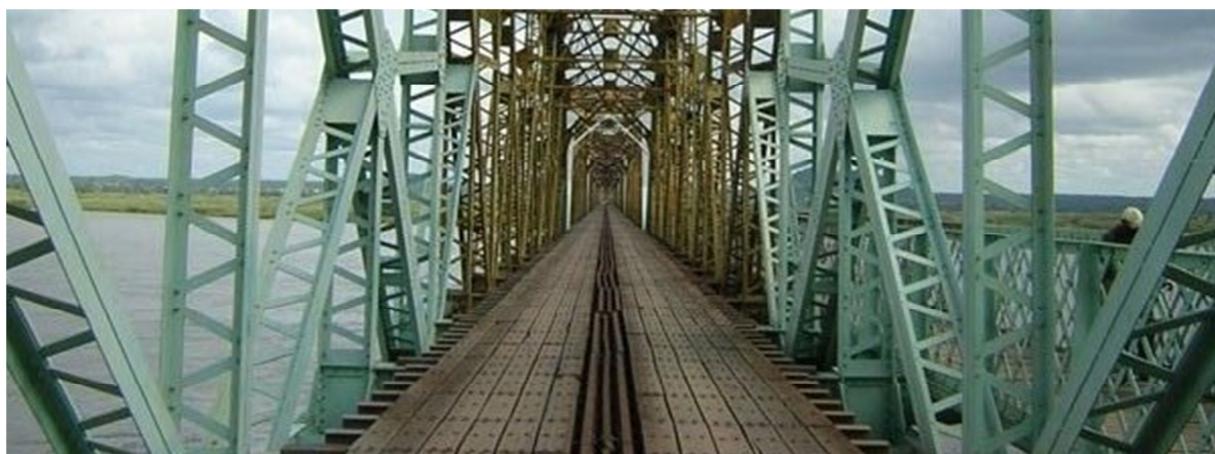


Fig. 3 - Tabuleiro rodoviário da Ponte Dona Ana



Fig. 4 - Ponte Dona Ana vista de Sena

3. DESCRIÇÃO DA PONTE DONA ANA

A Ponte de Dona Ana é constituída pelo viaduto de acesso da margem Sul, pelo troço da ponte, propriamente dita, sobre o rio Zambeze e pelo viaduto de acesso Norte, perfazendo uma extensão total de 3677,21 m, distribuídos do seguinte modo (Oliveira, *et al.*, 2012):

- Viaduto Sul (Sena): 48 tramos de 9,70 m, 7 tramos de 12,10 m, e 1 tramo de 12,85 m;
- Ponte sobre o rio Zambeze: 7 tramos de 50,30 m e 33 tramos de 80,00 m;
- Viaduto Norte (Mutarara): 6 tramos de 20,0 m.

O tabuleiro da ponte é constituído por uma estrutura metálica formada por vigas simplesmente apoiadas de alma cheia nos viadutos de acesso e treliçadas na ponte propriamente dita. Os tramos apoiam-se em pilares metálicos no Viaduto Sul e em pilares de betão nas restantes zonas.

O Viaduto de Acesso Norte (Figura 5) é constituído por seis tramos com 20 m de vão. Cada tramo possui duas vigas “I”, de alma cheia, apoiadas sobre pilares de betão armado.



Fig. 5 - Vista geral do Viaduto Norte (Mutarara)

A ponte, propriamente dita, transpõe o leito rio Zambeze e é formada por vigas treliçadas do tipo *Pratt*, com um vão de 50 m (Fig. 6) e vigas treliçadas do tipo *Parker* com um vão de 80 m (Fig. 7). Os tabuleiros são formados por duas treliças, afastadas de 5,35 m, nas quais se apoiam carlingas espaçadas de 5,0 m. Estas carlingas suportam as longarinas onde se apoia o armamento de via (Oliveira, *et al.*, 2012).



Fig. 6 Ponte: viga treliçada com vão de 50 m

Os tramos de 80 m situam-se sobre o rio de Zambeze e são constituídos por duas vigas treliçadas, com uma altura máxima de 12 m. Na corda inferior apoiam-se carlingas afastadas entre si de 5 m. As longarinas estão niveladas com a face superior das carlingas.

Tal como nos tramos com 50 m, o tabuleiro apoia-se nos pilares por meio de aparelhos de apoio rotulados, sendo móveis na direção longitudinal, na extremidade Norte e fixos na extremidade Sul.



Fig. 7 - Ponte: viga treliçada com vão de 80 m

O Viaduto Sul é constituído por tramos com comprimentos de 9,70 m (Figura 9), 12,10 m e 12,50 m, que perfazem uma extensão total de 563 m. Na Figura 8, apresenta-se a distribuição esquemática dos tramos, junto à extremidade Norte do Viaduto Sul (Oliveira, et al, 2012).

Em termos estruturais, o tabuleiro do viaduto é constituído por duas vigas de alma cheia com secção em “I”, afastadas entre si de 1,524 m (Oliveira, et al., 2012).

O tabuleiro apoia-se em pilares metálicos trapezoidais, constituídos por tubos metálicos. Na Figura 8 representam-se esquematicamente os contravamentos longitudinais existentes entre pilares.

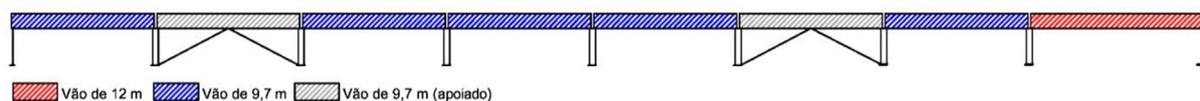


Fig. 8 - Viaduto sul: distribuição de tramos



Fig. 9 - Viaduto sul: tramo de 9,70 m

4. ENSAIOS DOS SISTEMAS DE FIXAÇÃO DOS CARRIS E DO ARMAMENTO DE VIA

No âmbito deste estudo ensaiaram-se fixações do tipo KS, da Vossloh, quer permissivas, quer não permissivas, com a finalidade de aferir a rigidez longitudinal e a força de retenção longitudinal de cada ligação. Foram realizados ensaios com diferentes configurações, tendo-se alterado os componentes utilizados e também variado o binário de aperto dos grampos, de forma a caracterizar o comportamento destas ligações para as diversas situações.

Nas fixações permissivas, uma vez que não existia qualquer orientação ou limitação quanto ao deslizamento do carril na fixação, foram também realizados ensaios cíclicos com o intuito de avaliar a abrasão dos vários componentes.

Além dos ensaios efetuados às fixações, foi ainda avaliada a rigidez longitudinal do sistema de ligação das travessas à estrutura.

Os ensaios para avaliar a retenção longitudinal das fixações foram realizados com base nas prescrições da norma EN 13146-1 (2012), tendo-se para tal utilizado um protótipo constituído

por um perfil do carril, com cerca de 0,5 m, por meia travessa e pelo sistema de fixação KS. O ensaio de fadiga sob ações longitudinais foi realizado impondo deslocamentos de ± 3 mm, de acordo com o previsto no estudo de interação via-estrutura para a passagem do comboio (Oliveira e Silveira, 2014).

Para avaliar rigidez longitudinal da ligação travessa-estrutura foram realizados dois ensaios de compressão na direção longitudinal da longarina, com uma força longitudinal máxima de 20 kN, de forma a determinar a relação força-deslocamento.

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Componentes de Estruturas (LCE) do Núcleo de Comportamento de Estruturas, do LNEC.

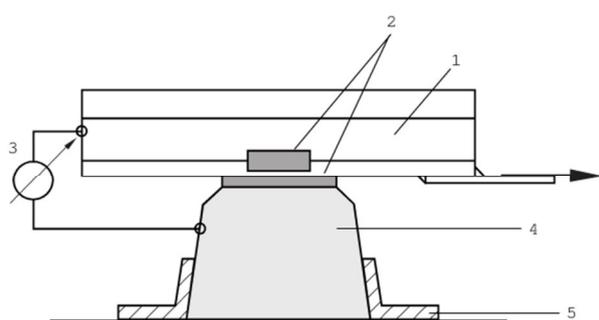
Para o ensaio realizado à fixação carril-travessa utilizou-se o esquema de ensaio apresentada na Figura 10 e na Figura 11, constituído pelo protótipo, um atuador servo hidráulico e dois medidores de deslocamentos do tipo indutivo.

O conjunto ensaiado foi fixado à plataforma de ensaio através de perfis e fusos metálicos. As forças foram aplicadas por um atuador servo-hidráulico Schenck/PM 250K de duplo efeito fixado a um pórtico metálico (Figura 12).

Os deslocamentos foram medidos por 2 medidores de deslocamento do tipo indutivo com um campo de medida de 10 mm, da marca HBM, Modelo W5TK. Os medidores foram fixados com bases magnéticas ao chapim carril e ligados ao carril, na extremidade oposta à da aplicação da força.

A medição e aquisição das forças e deslocamentos foram efetuadas por uma unidade da Marca HBM, Modelo Spider 8.

O esquema de ensaio utilizado para avaliar a rigidez longitudinal da ligação travessa-ponte é análogo ao anterior, como se apresenta na Figura 13.



- 1 - 0,50 m de carril;
- 2 - Sistema de fixação;
- 3 - Medidores indutivos de deslocamento;
- 4 - Travessa ou meia travessa;
- 5 - Suporte rígido.



Fig. 11 - Protótipo do ensaio das fixações

Fig. 10 - Esquema de ensaio para as fixações



Fig. 12 - Sistema de ensaio para as fixações



Fig. 13. Sistema de ensaio da ligação travessa-ponte

Fixação do carril à travessa

Dos resultados relativos aos ensaios da fixação dos carris às travessas fazem parte os diagramas força-deslocamento registados ao longo dos ensaios, correspondendo os deslocamentos apresentados à média dos valores obtidos nos dois medidores indutivos (Oliveira, *et al.*, 2014).

Sistema de fixação SKLU12 na configuração standard

A fixação SKLU12 é do tipo permissiva e pertence ao sistema KS da Vossloh. Este sistema é constituído por (Figura 14) dois grampos, uma palmilha de borracha com 6 mm de espessura (Zw 138/165/6 VH), uma chapa de inox com 2 mm de espessura, dois limitadores de aperto para o grampo, duas anilhas (ULS6) e dois parafusos com cabeça em “T” (HS 32-55) com porca hexagonal.



Fig. 14 - Componentes da fixação do tipo SKLU12

A força retenção longitudinal da fixação SKLU12, na sua configuração *standard*, foi determinada para binários de aperto dos parafusos em T, que fixam os grampos, de 200 N.m (Figura 15) e 350 N.m.

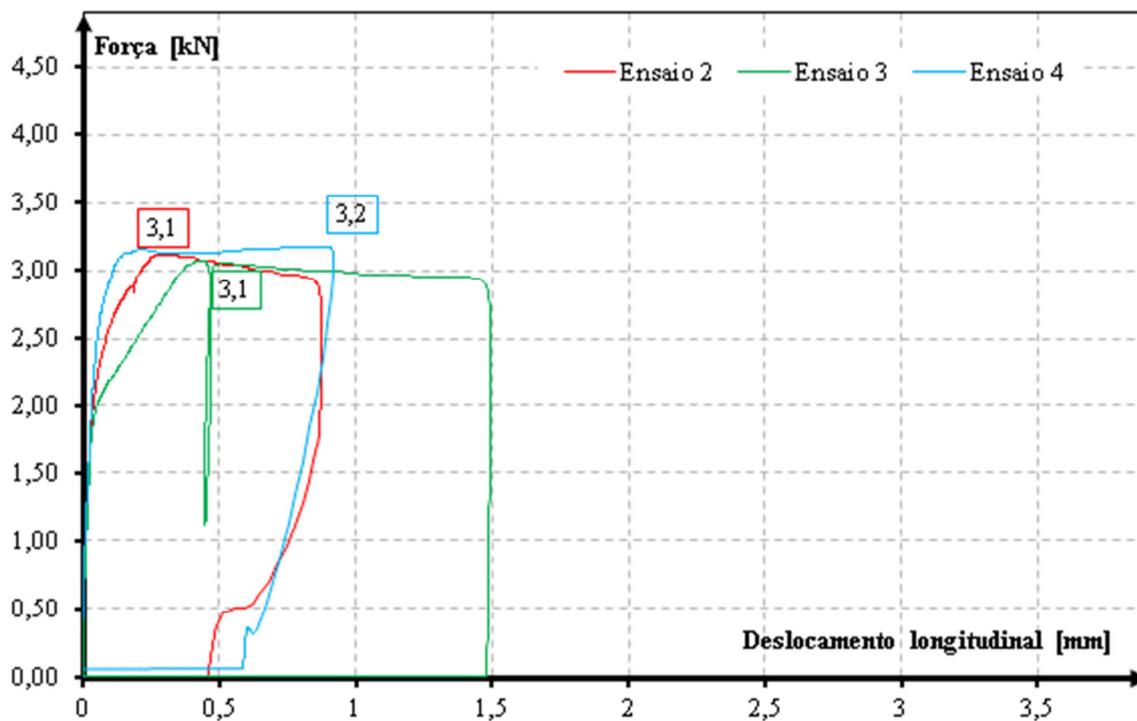


Fig. 15 - Ensaio da fixação SKLU12 com um binário de aperto de 200 N.m: diagrama força-deslocamento

Os resultados obtidos permitiram verificar que a força de restrição longitudinal da fixação aumenta com o aperto, como era espectável, mas apesar do aumento de 75% do aperto dos grampos, o aumento de força foi de apenas 15%, em termos médios.

Comparando os valores obtidos nos ensaios para a força de retenção longitudinal, com o especificado pela Vossloh, verificou-se que os valores de ensaio são inferiores ao limite definido de 4,5 kN pelo fabricante (Freudenstein, 2010).

A fixação SKLU12 com um binário de aperto de 200 N.m foi ainda submetida a um ensaio cíclico onde se impuseram deslocamentos de ± 3 mm, com uma frequência 0,10 Hz, durante 5h, por forma a avaliar o desgaste ou a possível fluência da ligação ao fim de diversas passagens do comboio.

A amplitude dos deslocamentos impostos, durante os ensaios, foi definida com base nos resultados obtidos com os modelos numéricos desenvolvidos pelo LNEC, para o estudo da interação via-estrutura da Ponte Dona Ana (Oliveira e Silveira, 2014).

Durante os ensaios foram registados os valores da força e do deslocamento sensivelmente a cada hora.

Na Figura 16 apresenta-se os diagramas força-deslocamento determinados entre os ciclos 1690 e o 1693.

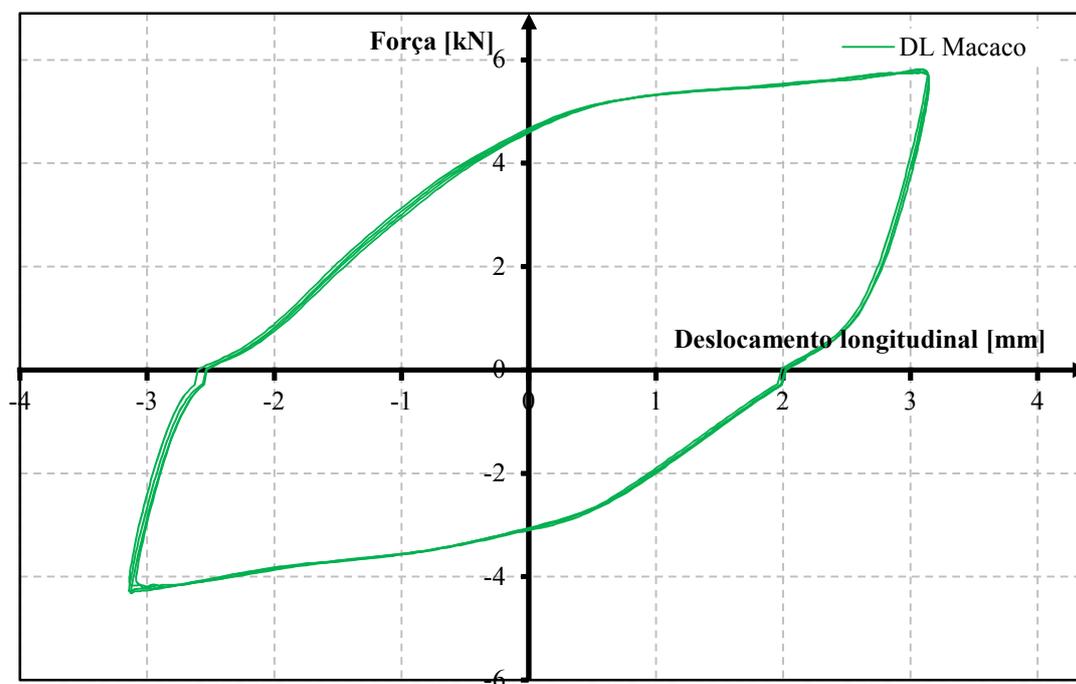


Fig. 16 - Ensaio cíclico das fixações SKLU12: ciclo 1690 ao 1693

Durante os ensaios foi possível observar que o valor da força de retenção longitudinal aumentou aproximadamente 30%, em função do número de ciclos, estabilizando a partir do ciclo 1690. Este aumento pode estar associado ao desgaste da chapa de inox, tornando-a mais rugosa.

É ainda visível uma diferença significativa entre a força de retenção longitudinal no sentido ascendente e no sentido descendente, associada às condições de montagem que não podem reproduzir totalmente as condições ideais de ensaio, nomeadamente no que diz respeito à linha de ação da força e ao plano em que esta atua.

Comparativamente com o ensaio monotónico da mesma fixação é possível concluir que existe um aumento do valor da força de restrição longitudinal da ligação. Também se verifica que após se iniciar o escorregamento a força de retenção ainda aumenta aproximadamente 0,5 kN, o que não se observa no ensaio monotónico.

No final do ensaio, realizados 2055 ciclos, verificou-se que, após desmontar o sistema de fixação, a chapa em inox apresentava alguma abrasão superficial e os grampos algum desgaste, como se ilustra da Figura 17 à Figura 19.



Fig. 17 - Ensaio cíclico das fixações SKLU12: desgaste - vista geral



Fig. 18 - Ensaio cíclico das fixações SKLU12: desgaste - chapa de inox e palmilha de borracha

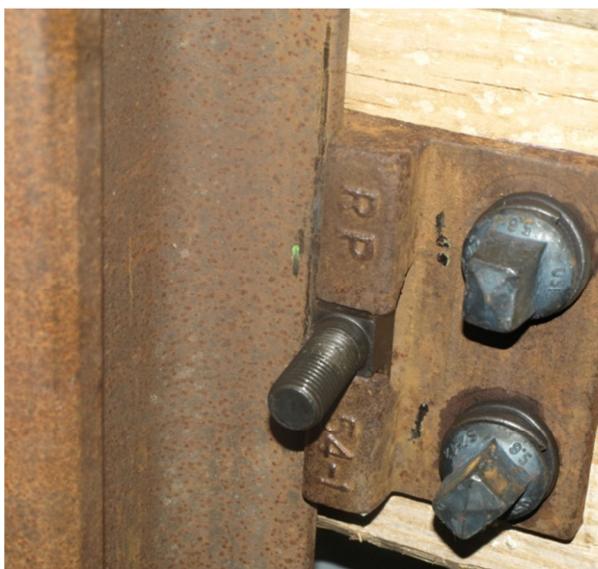


Fig. 19 - Ensaio cíclico das fixações SKLU12: desgaste - carril

Sistema de fixação SKLU12 sem palmilha de borracha

De forma a diminuir a resistência ao escorregamento da fixação permissiva do tipo SKLU12, retirou-se a palmilha de borracha com 6 mm de espessura, reduzindo-se assim a espessura dos elementos comprimidos pelo grampo.

Observou-se que nesta configuração do sistema de fixação a retenção conferida era praticamente nula. Na realidade, em face da posição vertical do carril no ensaio, verificou-se o seu escorregamento apenas com o seu peso próprio, de 0,3 kN, não tendo, por isso, sequer, sido necessário aplicar força adicional com o atuador hidráulico.

Sistema de fixação SKLU12 sem chapa de inox e sem limitador de aperto

Nesta configuração foi retirada ao sistema de fixação permissivo SKLU12, a chapa de inox e o limitador de aperto, por forma a tornar a fixação do tipo permissiva numa fixação não permissiva.

Os parafusos com cabeça em “T” para fixação do grampo foram apertados com um binário de 200 N.m.

Na Figura 20 apresentam-se os diagramas força-deslocamento e os valores máximos das forças de retenção obtidos durante os ensaios.

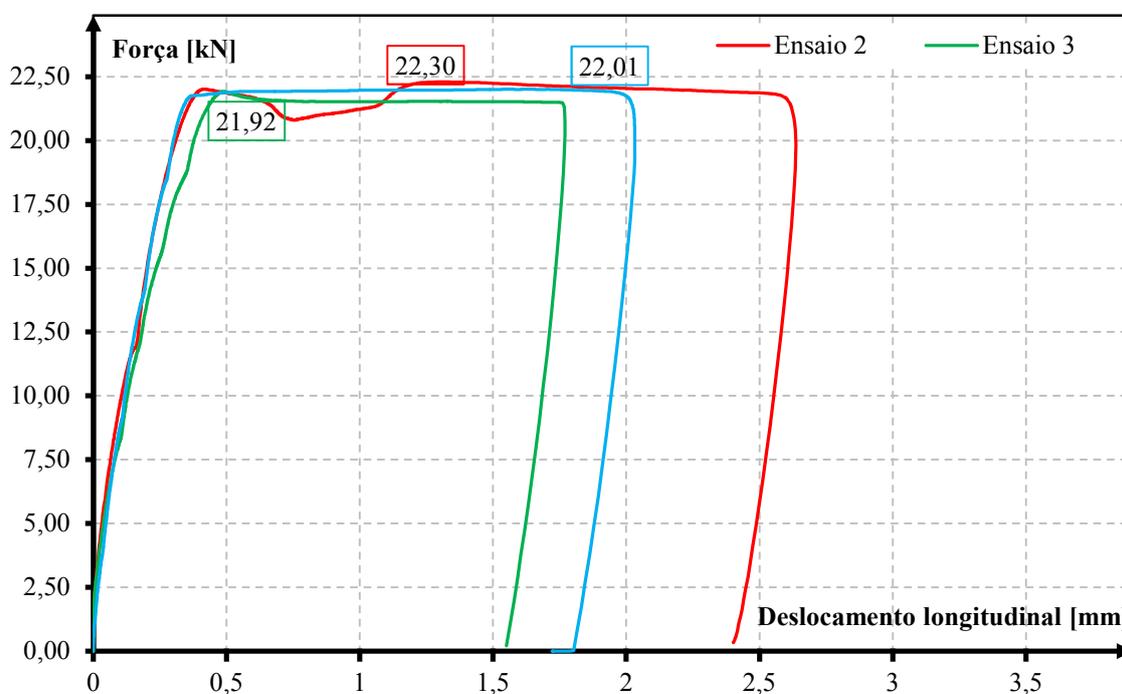


Fig. 20 - Ensaio SKLU12 sem chapa de inox e sem limitador de aperto: diagrama força-deslocamento

Foi possível constatar um aumento da força de retenção longitudinal em relação à configuração *standard* da fixação permissiva, como era espectável, atingindo-se valores próximos dos da fixação não permissiva.

Segundo o especificado pela norma EN 13481-2 (2002), pode-se considerar a presente configuração, como uma fixação do tipo não permissiva, uma vez que a força de retenção é superior ao limite inferior definido pela norma (7 kN), para vias com velocidade de circulação inferiores a 250 km/h.

Sistema de fixação SKL12

A fixação SKL12 é do tipo não permissiva e é constituída por (Fig.21) dois grampos, um palmilha de borracha com 6 mm de espessura (Zw 138/165/6 VH), duas anilhas (ULS6) e dois parafusos com cabeça em “T” (HS 32-55) com porca hexagonal.



Fig. 21 -. Componentes da fixação do tipo SKL12

Os ensaios de retenção longitudinal realizados à fixação do tipo SKL12 foram realizados para um binário de aperto dos parafusos em T, que fixam os grampos, de 200 N.m e 350 N.m. Na Fig. 22 e na Fig. 23 apresentam-se os respetivos diagramas força-deslocamento.

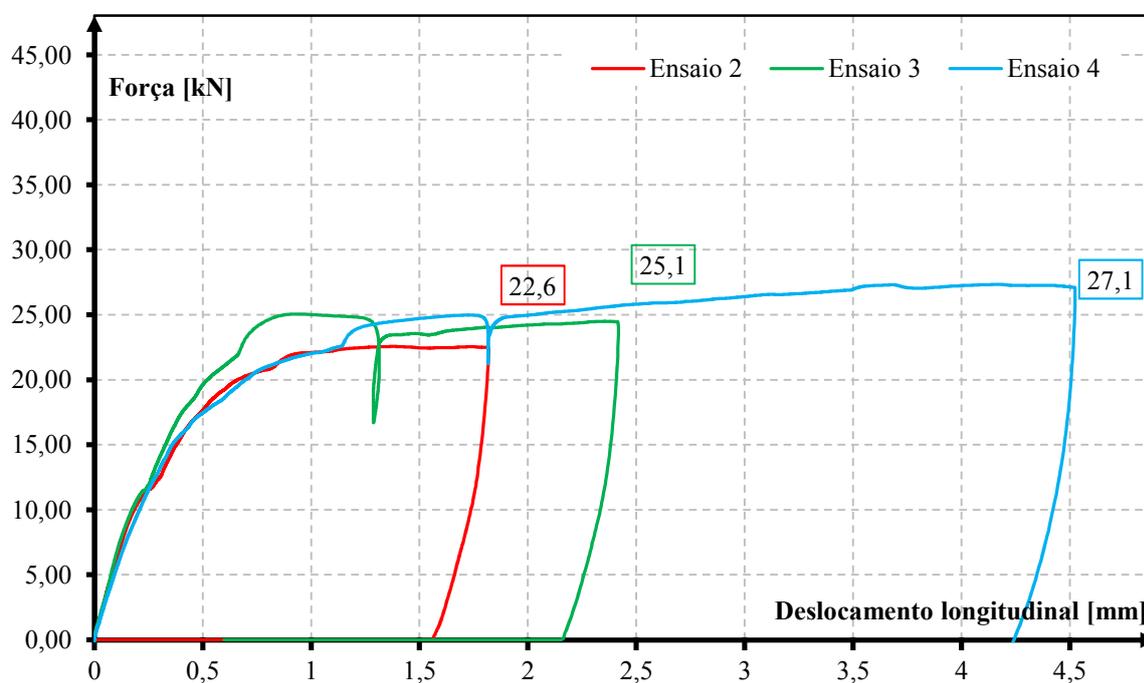


Fig. 22 - Ensaio da fixação SKL12 com um torque de 200 N.m: diagrama força-deslocamento

Com base nos resultados obtidos constatou-se que a força de retenção longitudinal aumentou significativamente com o aumento do aperto dos grampos, ao contrário do que ocorreu nas fixações SKLU12 (permissivas). Nestas fixações o aumento de 75% do binário de aperto causou um acréscimo da força de retenção longitudinal de cerca de 60%.

Comparando com os valores especificados pela Vossloh, verifica-se que a resistência da fixação ao escorregamento do carril é superior ao limite especificado, de 13,0 kN.

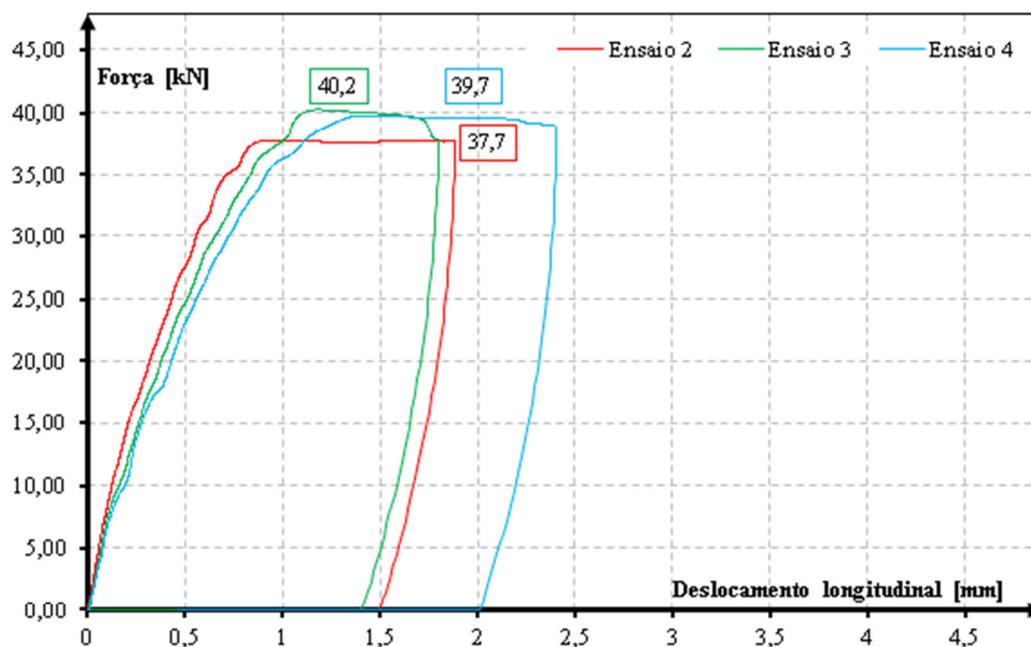


Fig. 23 - Ensaio da fixação SKL12 com um torque de 350 N.m: diagrama força-deslocamento

Ligação travessa-ponte

Para a ligação da travessa à estrutura da ponte utilizam-se cutelos soldados diretamente à longarina. As travessas fixam-se, em ambas as extremidades, aos cutelos, através de uma cantoneira e de dois ganchos, como se apresenta na Figura 24.

Para avaliar rigidez longitudinal da ligação travessa-estrutura foram realizados ensaios de compressão na direção longitudinal da longarina de forma a determinar a relação força-deslocamento do conjunto. Estes ensaios foram realizados sobre um protótipo cuja configuração não é igual à da obra, uma vez que no protótipo existem duas cantoneiras e quatro ganchos a ligar o troço de travessa à chapa que simula a longarina da ponte, enquanto em obra cada longarina será ligada à travessa apenas por uma cantoneira e dois ganchos, mas desta forma a rigidez obtida no ensaio será mais próxima da rigidez do conjunto das duas ligações utilizadas em obra.

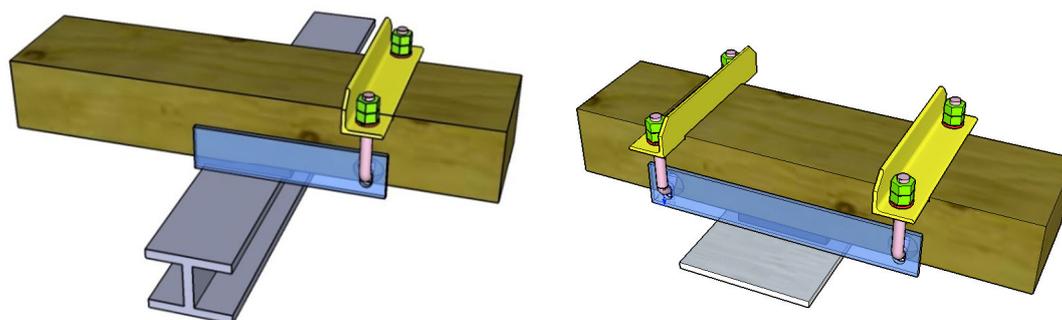


Fig. 24 - Esquema do sistema de fixação das travessas em obra

Na Figura 25 apresenta-se o diagrama força-deslocamento obtido no ensaio realizado. Os deslocamentos apresentados correspondem à média dos valores obtidos nos dois medidores indutivos. Verifica-se que existe um troço inicial de maior rigidez, que corresponde à deformação por flexão dos cutelos soldados à chapa que simula a longarina, seguido de outro de muito menor rigidez, que resulta do escorregamento na ligação, até que a rigidez aumenta de novo. Este aumento final da rigidez ocorre quando o escorregamento verificado faz com que o cutelo se encoste à travessa, sendo então o deslocamento medido resultado da deformação da travessa.

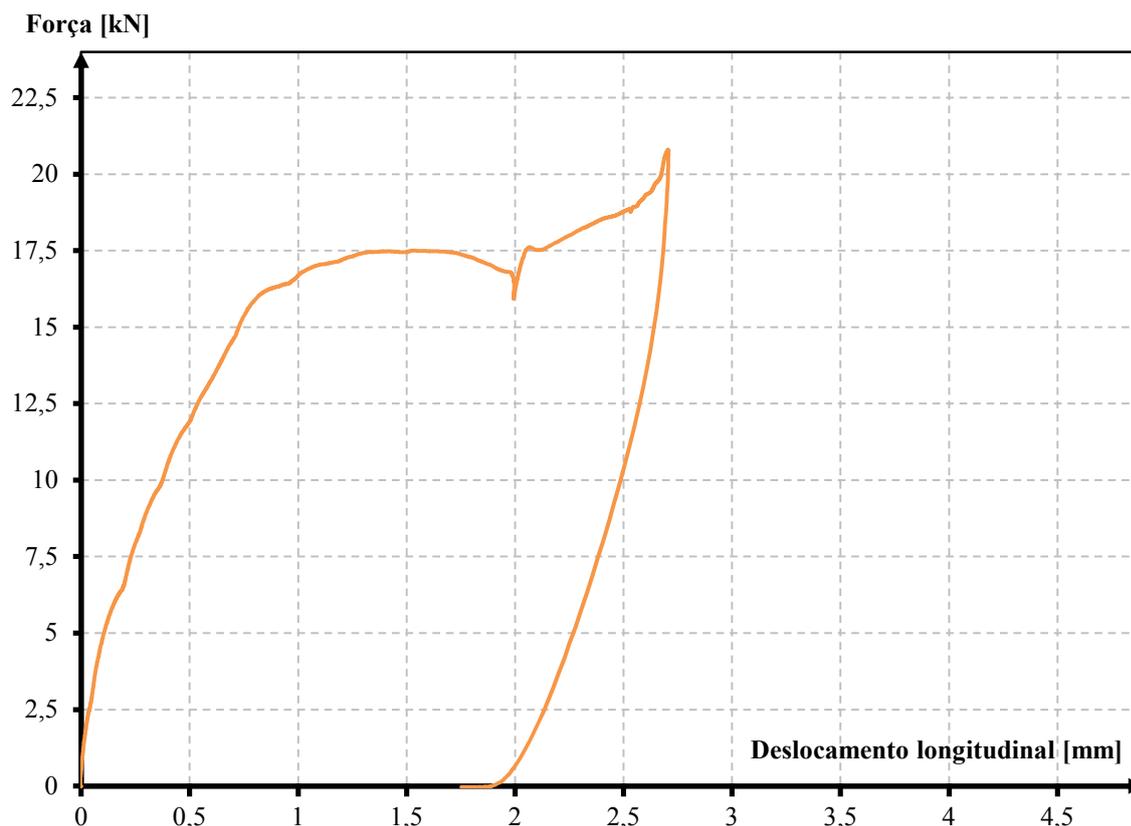


Fig. 25 -. Ensaio para aferir a rigidez longitudinal da fixação travessa-estrutura

Apreciação dos resultados dos ensaios dos sistemas de fixação dos carris e do armamento de via

Os resultados obtidos mostram que, para a fixação do tipo permissiva, o valor da força de retenção do carril é inferior ao definido pelo fabricante, verificando-se o oposto para a fixação do tipo não permissiva.

Das configurações testadas foi possível observar que a força de retenção longitudinal, nas fixações do tipo permissivas, sem utilização da palmilha de borracha, é próxima de 0 kN. Nas fixações do tipo permissivas, sem chapa de inox e limitador de aperto, a força de retenção longitudinal da fixação é 8% inferior à determinada para as fixações do tipo não permissivas.

O aumento do binário de aperto nas fixações com a configuração *standard* demonstrou-se pouco influente nas fixações do tipo permissivas, provavelmente devido ao limitador de aperto do grampo, e bastante influente nas fixações não permissivas.

Do ensaio cíclico realizado à fixação permissiva foi possível concluir que existiu um aumento do valor da força de restrição longitudinal da ligação em relação ao ensaio monotónico realizado. Ainda foi possível verificar que, os ao fim dos 2055 ciclos, apenas a chapa em inox e os grampos apresentavam algum desgaste superficial.

A partir dos resultados obtidos no ensaio monotónico realizado ao protótipo da fixação travessa-estrutura caracterizou-se o comportamento da ligação, o que permitiu definir os parâmetros necessários à sua introdução nos modelos estruturais utilizados.

5. INTERAÇÃO ENTRE A VIA E A PONTE

O comportamento e a estabilidade das linhas férreas tem, desde há vários anos, sido alvo de melhoramentos (Delgado, 2013) tendo-se desenvolvido diversas metodologias para avaliar a estabilidade e a segurança deste tipo infraestruturas (EN1991-2, 2003; UIC CODE 774-2, 2001). As severas condições ambientais a que se encontram sujeitas, bem como as necessidades de aumento da velocidade e conforto da circulação e de diminuição do custo de manutenção, levaram ao desenvolvimento e aperfeiçoamento dos métodos construtivos utilizados tradicionalmente neste tipo de vias, sendo substituídos os usuais carris de 12 m, ligados entre si por barretas metálicas, por sistemas em barra longa soldada (BLS), que permitem ir de encontro das necessidades referidas (Simões, 2006).

Apesar das inúmeras vantagens desta técnica, a continuidade dos carris e a inexistência de juntas de dilatação levou ao aumento das tensões instaladas na via, principalmente nas zonas onde existem descontinuidades entre as estruturas, devido às suas deformações longitudinais ou verticais (Delgado, 2013; Simões, 2006).

Este fenómeno ocorre porque as pontes e o armamento de via resistem de forma conjunta às diversas ações a que são submetidos, designadamente as decorrentes da passagem do tráfego, das variações de temperatura, da retração ou da fluência. Ou seja, qualquer força aplicada à via, induz movimentos na via e no tabuleiro, produzindo de forma indireta esforços adicionais no tabuleiro, nos aparelhos de apoio e nos carris, devido à interação do conjunto, cujo comportamento é condicionado pelas características dos elementos estruturais, do solo de fundação e da armação de via (Delgado, 2013).

Para garantir que não ocorrem fenómenos de rotura, encurvadura ou degradação da via é necessário utilizar soluções estruturais e sistemas de fixação adequados ao tipo de via que se pretende utilizar e à estrutura de suporte. No caso das vias balastradas, as tensões no carril são inferiores às que resultam da fixação direta da via à estrutura, uma vez que a rigidez da ligação é inferior. No entanto, os deslocamentos horizontais e verticais da estrutura admissíveis para as vias balastradas devem ser bastante reduzidos, de modo a evitar-se a desagregação do balastro (Delgado, 2013).

A avaliação da interação entre a via e a ponte implica que se efetue o controlo:

- das sobretensões nos carris e a eventual necessidade de dispor de aparelhos de dilatação de via;
- dos deslocamentos, absoluto do tabuleiro e relativos entre a via e o tabuleiro ou plataforma, com a finalidade de assegurar a estabilidade geral da via.

Procura-se habitualmente evitar a utilização de aparelhos de dilatação de via, uma vez que constituem pontos fracos da infraestrutura de transporte e implicam custos elevados de manutenção e de substituição. Por estes motivos, no projeto de pontes ferroviárias, torna-se

importante limitar as sobretensões adicionais do carril na direção longitudinal, de modo a evitar o uso deste tipo de dispositivos (Coelho, 2008), o que implica que se efetue uma avaliação rigorosa dos efeitos decorrentes da interação que ocorre entre o armamento de via e as pontes (Delgado, 2013).

Para análise do fenómeno de interação via-estrutura, a regulamentação existente (EN1991-2, 2003; UIC CODE 774-2, 2001) considera a possibilidade de utilizar uma metodologia de análise simplificada, ou uma metodologia de análise numérica.

A metodologia de análise numérica implica a utilização de modelos estruturais, por exemplo de elementos finitos, para simular o sistema via estrutura e avaliar as tensões instaladas nos carris e os deslocamentos e esforços dos diversos componentes.

A metodologia simplificada é válida apenas para um conjunto restrito de sistemas via-tabuleiro. Esta metodologia permite avaliar a estabilidade da via, determinar as reações de apoio do tabuleiro e as tensões normais nos carris através de formulações simplificadas, sem necessidade de recorrer à utilização de modelos de numéricos, para efetuar a análise estrutural do sistema via-estrutura. Este método não permite ter em consideração curvas de raio apertado, diferentes condições de manutenção e imperfeições na via, o que limita a sua aplicação.

Na regulamentação são estabelecidos limites para os acréscimos de tensão devidos aos fenómenos de interação via-estrutura. Estes limites correspondem ao cálculo teórico da estabilidade do carril e são definidos para as seguintes condições: carris UIC60; via em barra longa soldada; aço com resistência à tração não inferior a 900 MPa; raio de curvatura mínimo da via de 1500 m; travessas de betão; via balastrada com camada bem consolidada e de espessura superior a 30 cm (EN1991-2, 2003)

Para as condições mencionadas a tensão máxima no carril devida aos efeitos de interação via estrutura tem os seguintes limites:

- Acréscimo de tensão de compressão no carril de 72 MPa;
- Acréscimo de tensão de tração no carril de 92 MPa (Fig. 26).

As vias não balastradas, dado que a sua fixação é direta à estrutura, são pouco suscetíveis a fenómenos de encurvadura. Nestes casos pode portanto considerar-se que a tensão máxima de compressão disponível para os efeitos decorrentes da interação via-estrutura é igual à tensão de tração disponível.

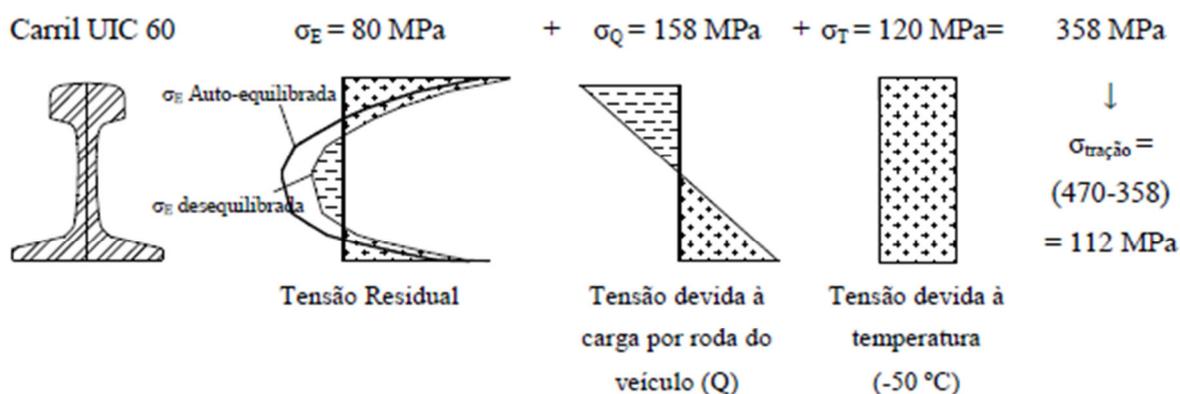


Fig. 26 -. Tensão de tração disponível para os efeitos de interação (Delgado, 2013)

Na elaboração dos diagramas apresentados na Figura 26, considerou-se que a tensão máxima admissível para o aço dos carris é igual a 470 MPa, o que corresponde a 90% da tensão de cedência do aço que constitui dos carris (525MPa). Na mesma figura, constata-se que a tensão de tração disponível para os efeitos decorrentes da interação via-estrutura é igual a 112 MPa. No entanto, segundo Delgado (2013) e Simões (2006), este valor não é consensual, sendo usualmente definido nas diversas regulamentações (EN1991-2, 2003; UIC CODE 774-2, 2001) o valor máximo de 92 MPa.

6. ANÁLISE ESTRUTURAL - MODELOS NUMÉRICOS UTILIZADOS

Para avaliar os efeitos decorrentes da interação via-estrutura para a nova solução de armamento de via da Ponte Dona Ana, foram elaborados diversos modelos numéricos estruturais baseados no método de elementos finitos, tendo-se para tal utilizado o programa SAP2000.

Estes modelos de elementos finitos foram construídos com base nas características geométricas obtidas no levantamento efetuado pelo LNEC e aferidos nos ensaios de carga estáticos realizados.

Dada a elevada extensão da ponte foi necessário subdividi-la em vários modelos parcelares, tendo em consideração a existência de zonas onde os vãos têm características idênticas e de zonas onde se verificam alterações na geometria do tabuleiro. Foram também construídos dois modelos para simular o comportamento da estrutura junto aos encontros.

Dado o comportamento distinto da ligação entre a travessa e o carril, quando este se encontra carregado ou não carregado, foram elaborados modelos diferentes para ter em conta este facto.

Nos cálculos efetuados foram consideradas as situações que originam os efeitos mais desfavoráveis, em termos de esforços nos carris, designadamente as que resultam da entrada e da saída dos comboios, das deformações de origem térmica e da deformação longitudinal do tabuleiro devida às sobrecargas. Estimaram-se igualmente os esforços decorrentes de poderem existir tramos contíguos com e sem carregamento. Foi ainda avaliada a capacidade da via para resistir à frenagem ou aceleração dos comboios.

Os elementos metálicos que constituem o tabuleiro dos diversos tramos foram simulados através de elementos de barra e de elementos de casca. Os pilares de betão e os respetivos aparelhos de apoio foram modelados como apoios fixos e móveis, tendo sido tida em conta a cota a que se encontram.

O armamento de via, tal como foi referido anteriormente, é constituído por carris de rolamento, carris de segurança, travessas de madeira, sistemas permissivos e não permissivos para fixação do carril e pelo sistema de fixação das travessas à estrutura. Na simulação da interação entre a via e a estrutura foram tidos em conta os contributos da fixação do carril à travessa e da palmilha de borracha de 20 mm instalada sobre a travessa de madeira. O par de carris foi simulado por meio de elementos de barra e a interface entre o carril e a travessa com recurso a elementos do tipo *LINK*, que permitem simular o comportamento bilinear das fixações nas direções consideradas. No presente estudo, para cada elemento, além da rigidez do sistema de ligação, foi também tida em conta a rigidez da palmilha de 20 mm.

Em face do anteriormente exposto foram realizados catorze modelos numéricos. A título exemplificativo apresenta-se na Fig. 27 e na Fig.28, respetivamente o modelo dos tramos intermédios da viga treliçada de 80 m e o modelo de interação solo - viaduto de Mutarara - viga treliçada de 80 m.



Fig. 27 - Modelo dos tramos intermédios da viga treliçada de 80 m (Oliveira e Silveira, 2014)

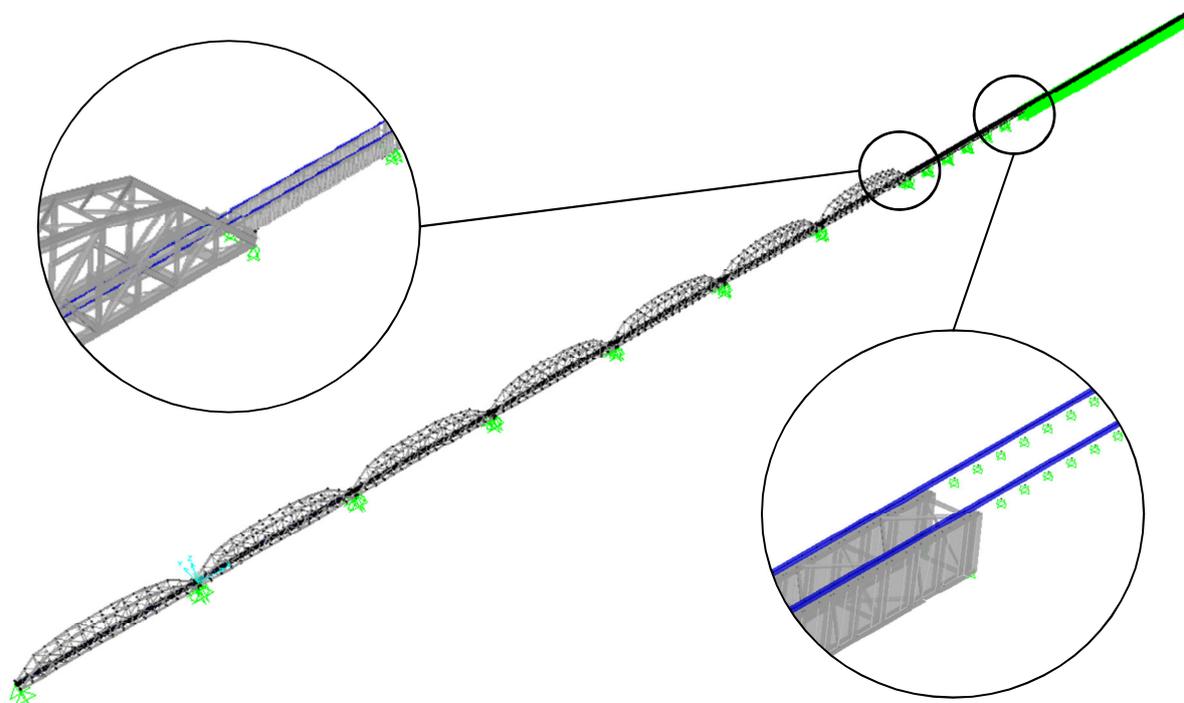


Fig. 28 - Modelo de interação: solo - viaduto de Mutarara - viga treliçada de 80 m (Oliveira e Silveira, 2014)

7. CRITÉRIOS GERAIS UTILIZADOS NA VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA

No presente estudo foram consideradas as disposições regulamentares presentes na EN 1991-2 (2003) e na UIC 774-3 (2001), para quantificação das ações e verificação da segurança nos carris. Em ambas as regulamentações, os princípios gerais relativos à interação via-estrutura aplicam-se às vias balastradas, não sendo definidos critérios específicos para as vias sem balastro. Por este motivo utilizou-se uma metodologia equivalente baseada apenas na verificação das sobretensões e no controlo dos deslocamentos verticais, uma vez que, os limites definidos nas normas, para o deslocamento horizontal da ponte se destinam à estabilidade do balastro.

7.1 Ações consideradas

Segundo a EN 1991-2 (2003), para verificar a estabilidade da via tendo em consideração os efeitos da interação via estrutura, deverão ser contabilizadas as ações correspondentes às sobrecargas ferroviárias e as deformações do sistema originadas pelas variações de temperatura e pelo comportamento diferido dos materiais constituintes da obra de arte. No presente caso, dado tratar-se de uma obra com tabuleiro metálico, consideraram-se apenas as ações correspondentes às sobrecargas ferroviárias e às variações da temperatura.

Relativamente às ações resultantes da circulação ferroviária foram consideradas as ações verticais e as de frenagem e de arranque, distribuídas e combinadas de modo a maximizar os efeitos desfavoráveis.

Dada a especificidade da linha de Sena foi considerado na presente análise um modelo de carga real, definido em função dos veículos circulantes. Este modelo é constituído por locomotivas do tipo GE T26 CU2 e pares de vagões HL6 (Figura 29 e Figura 30).

Locomotiva GE GT26 - CU2

Peso total: 122,5 tf

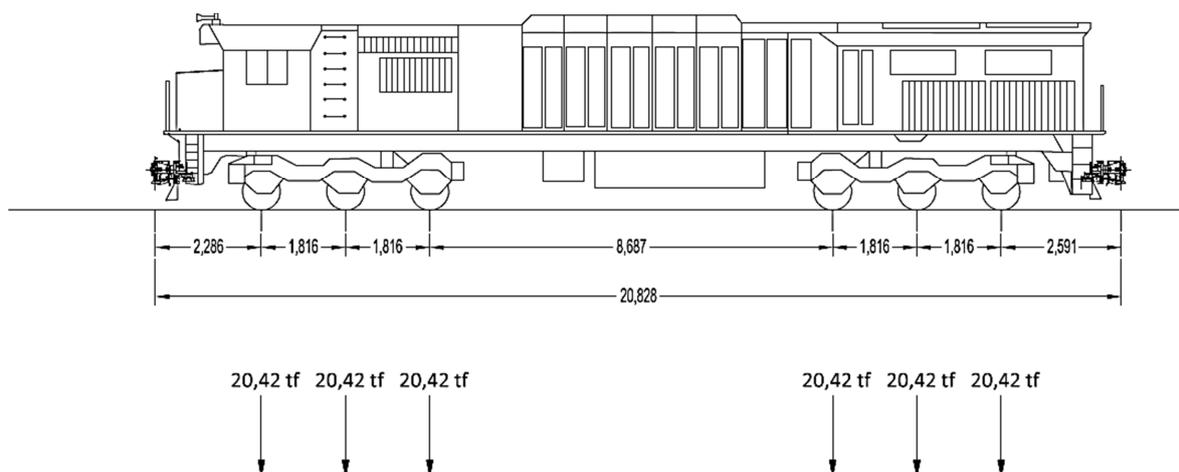


Fig. 29 - Definição geométrica do modelo considerado para a locomotiva

Par de vagões HL6

Peso carregado: 82 tf
 Peso vazio: 19 tf
 Volume: 70,9m³

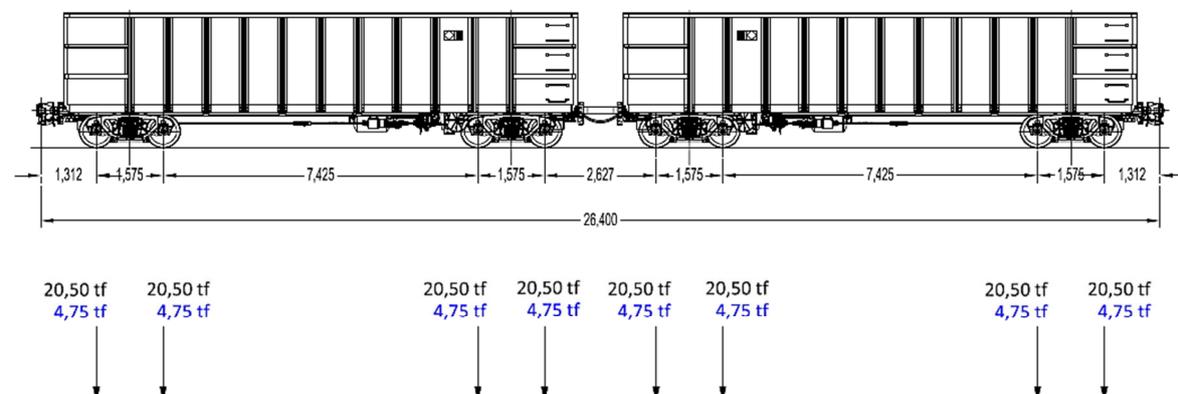


Fig. 30 - Definição geométrica do modelo considerado para os vagões

Dado que se utilizou um modelo de carga real para a verificação de segurança dos carris, consideram-se para as ações correspondentes à aceleração e à frenagem, forças longitudinais por eixo, com valor igual a 25% da carga vertical, como definido na regulamentação (EN1991-2, 2003; UIC CODE 774-2, 2001)

A variação da temperatura a considerar, de acordo com a regulamentação (EN1991-2, 2003), na análise da interação via-estrutura, no carril e na estrutura são, respetivamente, ± 50 °C e ± 35 °C. A norma limita ainda a diferença entre a variação uniforme de temperatura atuante no tabuleiro e na via a ± 20 °C.

Na análise da interação via-estrutura, para a verificação das sobretensões no carril, é unicamente necessário considerar, nos modelos elaborados, a variação de temperatura do tabuleiro (± 35 °C), uma vez que se considera que a via está restringida longitudinalmente (para o caso de armamentos de via sem juntas de dilatação).

7.2 Verificações de segurança

Segundo a regulamentação existente (EN1991-2, 2003), para garantir a estabilidade e a integridade estrutural da via em serviço é necessário controlar a variação da tensão normal nos carris, limitar os deslocamentos longitudinais e verticais relativos da estrutura e avaliar a segurança das ligações utilizadas.

Como regra de combinação para as ações consideradas, ambas as regulamentações definem a seguinte expressão:

$$F_L = \sum \psi_{0i} \times F_{li}$$

onde

F_L - força de reação longitudinal do carril,

F_{li} - reação longitudinal correspondente à ação i ,

ψ_{0i} - coeficiente de combinação (que deverá ser considerado igual a 1).

O principal critério para a verificação de segurança das vias não balastradas de fixação direta à estrutura é o controlo da sobretensão normal no carril, devido ao comportamento conjunto da via e da estrutura.

Tendo em conta que de numa via não balastrada com fixação direta e com carris de perfil 54E1, é altamente improvável a instabilização da via por fenómenos de encurvadura, considerou-se o valor limite de 92 MPa, dado que neste tipo de vias a rotura ocorrerá por compressão ou por tração do carril e não por encurvadura.

Dada a inaplicabilidade da regulamentação às vias de fixação direta, foi apenas limitado a 3 mm o deslocamento vertical relativo entre dois troços de tabuleiro sucessivos, ou entre o troço de tabuleiro e o encontro, para uma velocidade máxima da linha até 160 km/h. Esta limitação visa o controlo indireto das tensões de flexão nos carris da via.

8. VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA DO CARRIL

A verificação da segurança no carril foi realizada de acordo com o exposto anteriormente e a regulamentação aplicável.

Os modelos definidos para o caso “carregado” serviram de base para avaliar a deformação e a sobretensão no carril, quando solicitado pelas sobrecargas ferroviárias. Os modelos correspondentes ao caso “descarregado” destinaram-se a avaliar a segurança do carril quando solicitado pelas variações de temperatura.

Numa primeira fase identificaram-se as zonas onde as tensões nos carris, devido às sobrecargas ferroviárias, às variações de temperatura e à interação via/estrutura, eram mais elevadas. Nestas zonas adotaram-se fixações permissivas e nas zonas menos solicitadas fixações não permissivas.

Foram estudadas diversas soluções de modo a otimizar a distribuição das fixações, com a finalidade de diminuir as tensões nos carris, garantindo que estas se encontram dentro dos limites definidos na regulamentação.

Da análise efetuada verificou-se que as secções mais solicitadas se situavam na transição entre o viaduto de Mutarara e o primeiro tramo com 80 m e entre tramos de 80 m (Figura 31 e Figura 32). A título de exemplo apresentam-se na Tabela 1 as sobretensões obtidas nos tramos intermédios das vigas treliçadas de 80 m, para as combinações mais desfavoráveis, em termos de trações e compressões.

Além das verificações relativas a secções situadas na ponte, foram ainda analisadas as secções de transição para os blocos técnicos (aterro) e os viadutos de acesso.

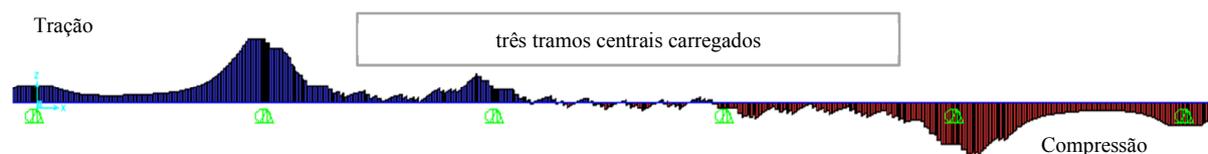


Fig. 31 - Tramos intermédios das vigas treliçadas de 80 m: diagrama de Esforço axial para a carga vertical e a frenagem no sentido de Mutarara (Oliveira e Silveira, 2014)

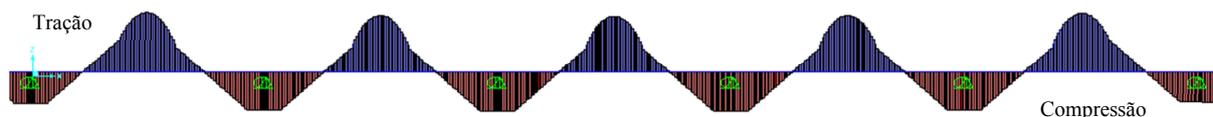


Fig. 32 - Tramos intermédios das vigas treliçadas de 80 m: diagrama de Esforço axial para a variação de temperatura na ponte de +35°C (Oliveira e Silveira, 2014)

Tabela 1 - Tramos intermédios das viga treliçadas de 80 m. Avaliação da segurança do carril (secção sobre a junta de dilatação da obra)

Esforço	Combinação mais desfavorável	Sobretensão	Limite	Tensão total	Limite
Compressão	Temperatura +Tráfego Ferroviário	-77,9 MPa	-92 Mpa	-353,4 Mpa	-470 Mpa
Tração	Temperatura +Tráfego Ferroviário	+86,4 MPa	+92 Mpa	+361,9 Mpa	+470 Mpa

9. ENSAIOS PARA VERIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO ADOTADA

Para avaliar a interação entre a via e a estrutura da Ponte Dona Ana foram efetuados dois tipos de ensaios, que se destinaram a caracterizar, tanto as variações de tensão nos carris devidas às ações térmicas ambientais, como as decorrentes da circulação ferroviária (Silveira, *et al.*, 2015).

Os ensaios destinados a avaliar as variações de tensão nos carris devidas às ações térmicas ambientais decorreram durante cerca de 24 horas, de modo a obter resultados respeitantes a um ciclo diário completo. Os ensaios destinados à caracterização das variações de tensão nos carris, decorrentes da circulação ferroviária, tiveram duração inferior a 10 minutos. Estas variações devem se, não só aos esforços de flexão resultantes do peso do material circulante, mas também aos esforços axiais que resultam das forças de tração ou frenagem impostas pelas locomotivas. Também o funcionamento da estrutura sob ação das sobrecargas provoca alterações da tensão nos carris, devido às rotações que se verificam nas extremidades dos tabuleiros e às variações de comprimento que as longarinas do tabuleiro sofrem durante a passagem dos comboios.

9.1 Plano de instrumentação

Para efetuar a avaliação experimental da interação entre a via e a estrutura efetuou-se a medição das extensões nos carris em quatro zonas da ponte, designadas por secções S1 a S4, localizadas, respetivamente, na transição entre o penúltimo e o último tramos com 50 m de comprimento, na transição entre o último tramo de 50 m e o primeiro tramo de 80 m (Figura 33), na transição entre o penúltimo e o último tramos com 80 m de comprimento e na transição entre o último tramo de 80 m e o primeiro tramo do Viaduto de Mutarara (Figura 34). Em cada uma destas secções instrumentaram se três subsecções, designadas E1 a E3 (Figura 41). Para além da medição de extensões, foram efetuadas medições de temperatura nos carris e na ponte, e ainda da temperatura e humidade relativa do ar.

O equipamento de medição utilizado nos ensaios (Figura 35) consistiu em sensores e subsistemas de aquisição controlados por computadores portáteis. Os subsistemas de aquisição utilizados dependeram do tipo de ensaio. Assim, nos ensaios destinados a avaliar a influência das ações térmicas ambientais nas variações de tensão nos carris, utilizou-se um subsistema de aquisição adequado à realização de leituras de 10 em 10 minutos. Nos ensaios efetuados para avaliar a influência da circulação ferroviária nos níveis de tensão nos carris

utilizou-se um subsistema apropriado à realização de leituras com frequência elevada, tendo-se, no caso presente, efetuado 1000 leituras por segundo (Figura 36).

Neste ensaio utilizaram-se vários tipos de sensores, tendo as extensões nos carris sido medidas com extensómetros elétricos de resistência (Figura 37) e a temperatura na ponte e nos carris com termómetros de platina do tipo PT100 (Figura 38). A temperatura e a humidade relativa do ar foram medidas, respetivamente, com um termómetro do tipo PT100 e com uma sonda de humidade, do tipo capacitivo (Figura 39).

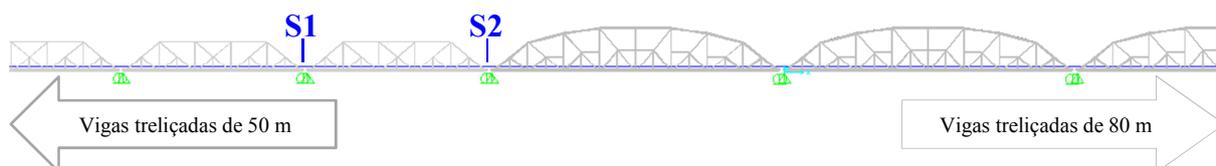


Fig. 33 - Localização das secções S1 e S2 (Silveira, et al., 2015)

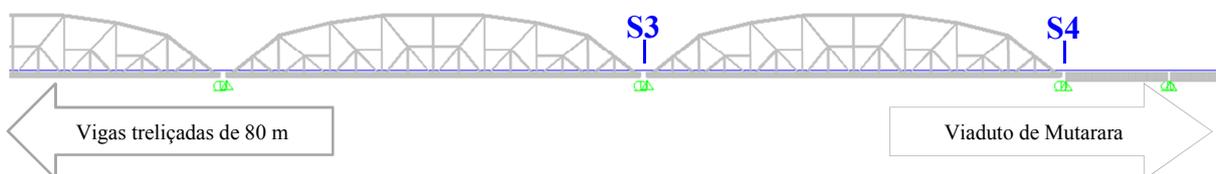


Fig. 34 - Localização das secções S3 e S4 (Silveira, et al., 2015)

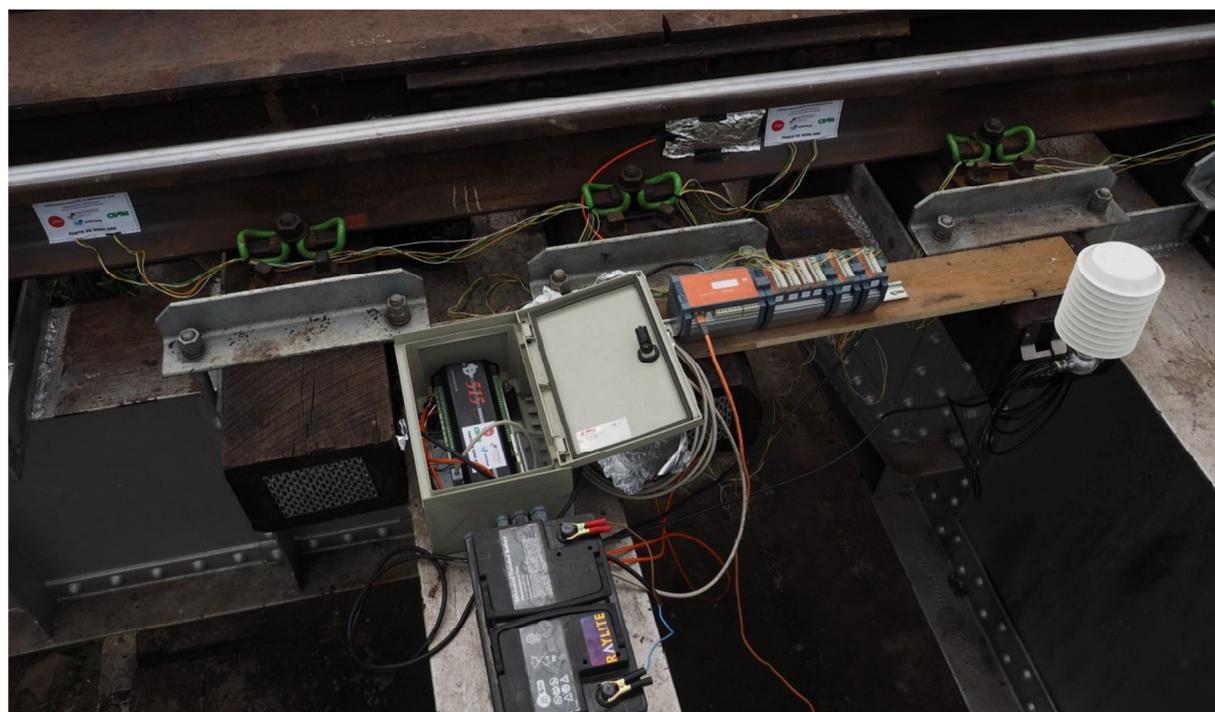


Fig. 35 - Aspetto geral dos sensores e sistemas de aquisição utilizados

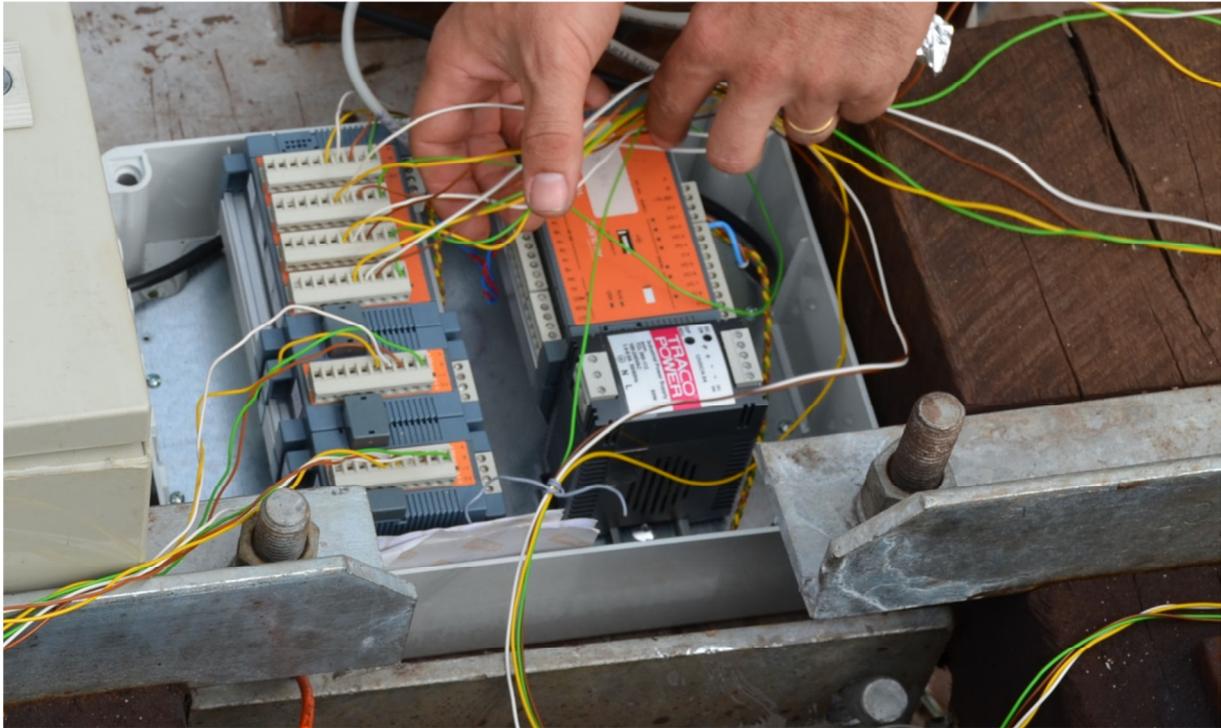


Fig. 36 - Sistema de aquisição a alta frequência

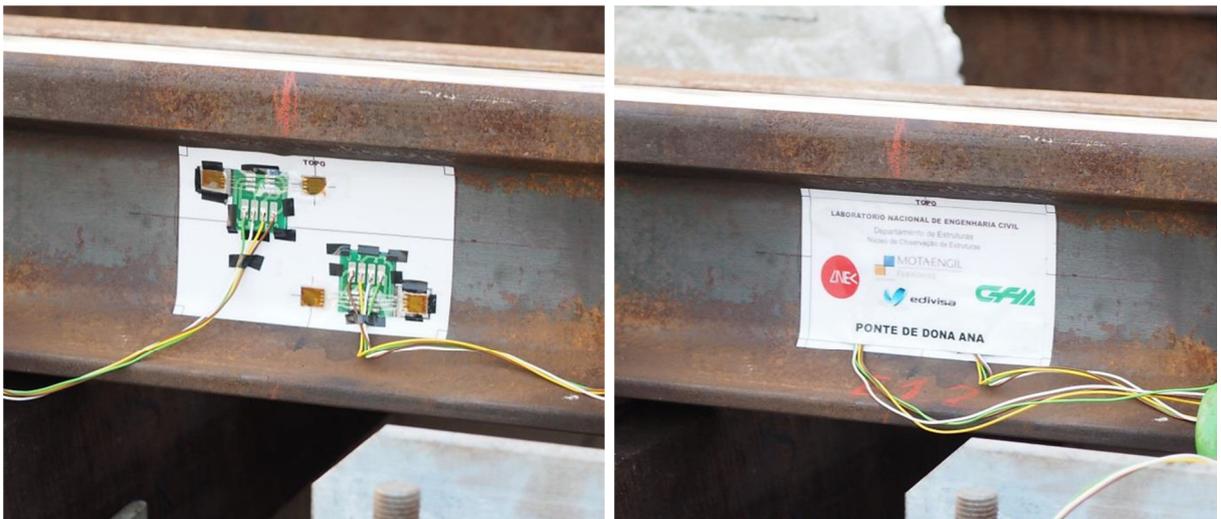


Fig. 37 - Secção instrumentada com extensómetros de resistência



Fig. 38 - Termómetros para medição da temperatura do carril e da estrutura



Fig. 39 - Sensor para medição da temperatura e humidade relativa do ar

Os extensómetros eléctricos de resistência foram colados nas almas dos carris, em secções a meio do vão do carril, entre travessas. Estes extensómetros foram colados em dois níveis, à distância do centro de massa que se indica na Fig. 40 (Silveira, *et al.*, 2015). Com base nesta disposição foi possível determinar as tensões ao nível das fibras extremas e também ao nível do centro de massa (tensão uniforme).

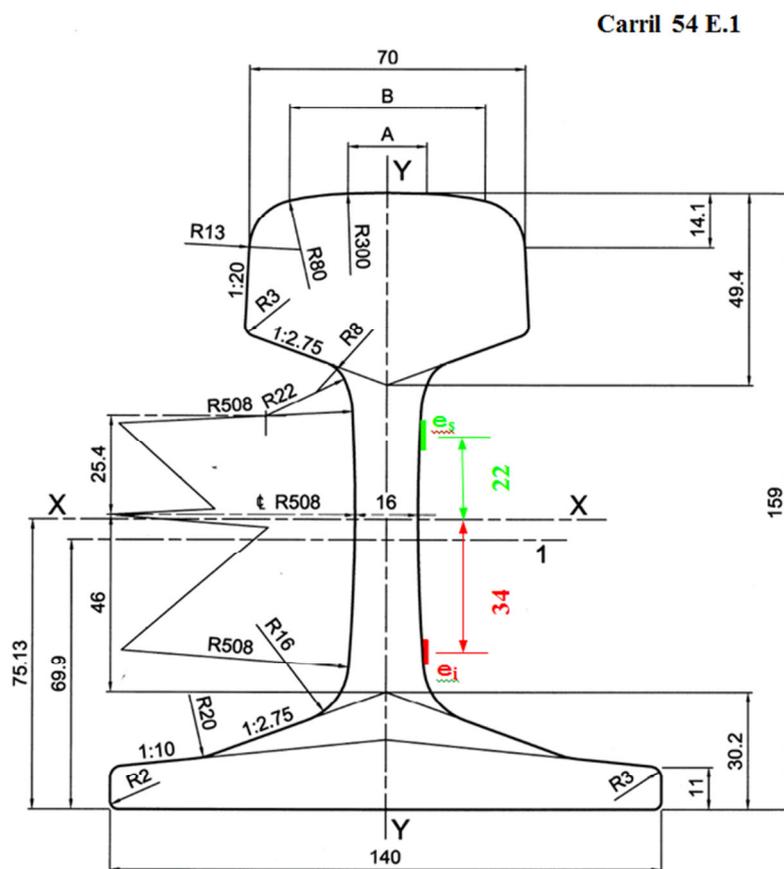


Fig. 40 - Posicionamento dos extensómetros na alma do carril UIC 54 E.1

Indica-se na Tabela 2 as distâncias entre chapins para as quatro zonas ensaiadas. Na Figura 41 pode ver-se o significado das designações utilizadas na Tabela 2, para referência destas distâncias. Os chapins utilizados na ponte de Dona Ana têm 160 mm de largura, medida na direção dos carris.

Tabela 2 - Distâncias entre chapins (mm)

Secção	A	B	C	D	E	F	G
S1	428	478	426	374	438	458	460
S2	462	474	408	524	414	463	471
S3	463	463	514	443	512	475	459
S4	461	464	434	494	443	462	473

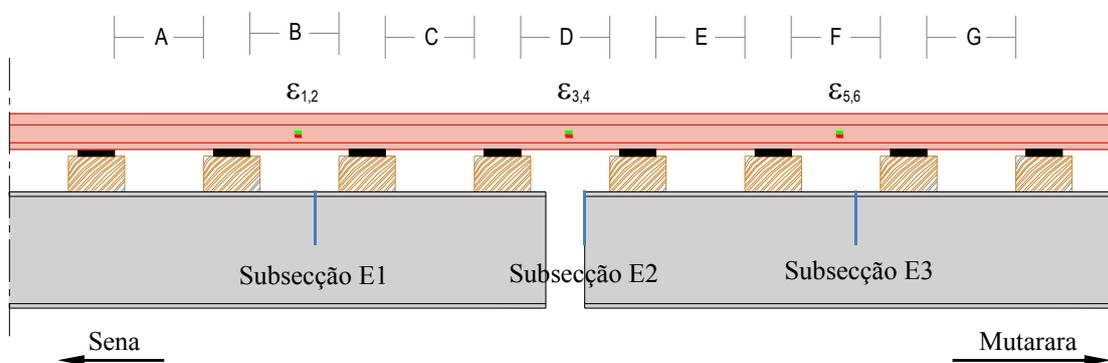


Fig. 41 - Distâncias entre chapins e localização das subsecções

9.2 Variações de tensão nos carris devidas às ações térmicas ambientais

Os ensaios realizados permitiram avaliar as variações da tensão uniforme e da curvatura nos carris, devidas às ações térmicas ambientais. Para tal mediram-se as extensões de dez em dez minutos, durante cerca de vinte e quatro horas.

Em relação às variações da tensão uniforme dos carris, deve referir-se que estes foram soldados quando a sua temperatura se encontrava entre 35 e 40 °C, pelo que a tensão uniforme efetivamente instalada (σ_{ef}) poderá ser estimada, em função da temperatura de fecho do carril (T_{fecho}), da temperatura do carril (T_{carril}) e da tensão calculada a partir das extensões medidas (σ_{calc}), utilizando a expressão seguinte, considerando positivas as tensões de tração:

$$\sigma_{ef} = \sigma_{calc} - (T_{carril} - T_{fecho}) \times \alpha \times E$$

onde

σ_{ef} - tensão uniforme efetivamente existente no carril,

σ_{calc} - tensão no carril calculada a partir das extensões medidas,

T_{carril} - temperatura do carril no início do ensaio,

T_{fecho} - temperatura do carril no instante em que foi feita a soldadura de continuidade,

α - coeficiente de dilatação linear do aço do carril,

E - módulo de elasticidade do aço do carril.

Para o presente caso, e na falta de informação mais precisa, pode considerar-se o valor de T_{fecho} igual a 35 °C e o produto “ $\alpha \times E$ ” igual a 2,10 MPa °C⁻¹.

Nos gráficos relativos às variações da tensão uniforme nos carris apresentam-se, tanto os valores calculados a partir das extensões medidas, como os valores compensados da temperatura.

Na Figura 42 apresentam-se, para o período de ensaio, os valores da temperatura do carril e da estrutura e também a sua diferença. Apresentam-se ainda nessa figura os valores da temperatura e da humidade relativa do ar.

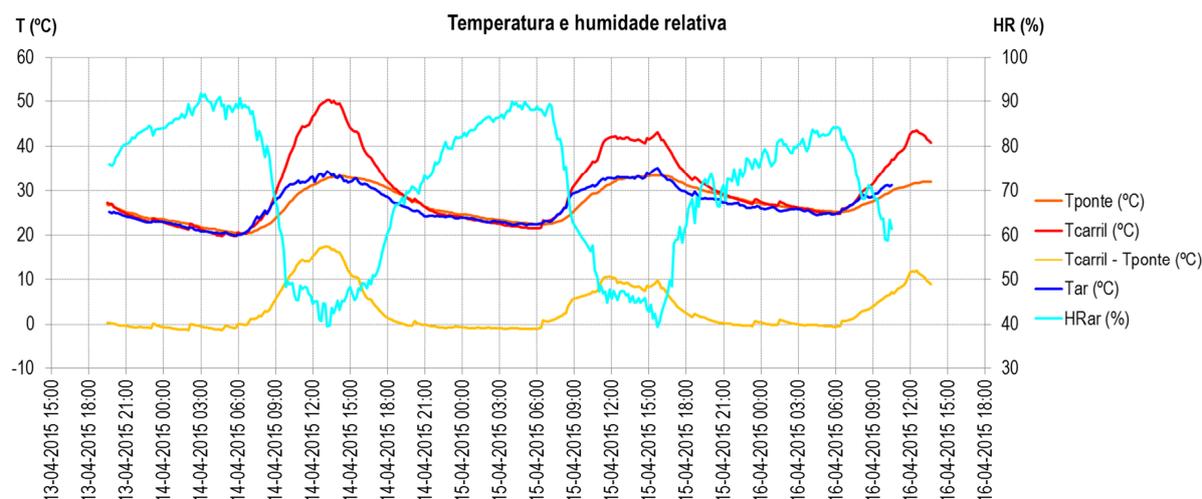


Fig. 42 - Temperaturas da ponte, do carril e do ar e humidade relativa do ar

No dia 14 de abril o céu apresentou-se limpo, enquanto nos dias 15 e 16 se verificou alguma nebulosidade. Este facto refletiu-se na temperatura máxima dos carris que atingiu cerca de 50 °C, no dia 14, enquanto nos dois dias seguintes foi cerca de 7 °C mais baixa.

Durante o período noturno verificou-se que a temperatura da ponte foi idêntica à temperatura do ar. Durante o período diurno o aquecimento da estrutura foi mais lento do que o do ar, verificando-se um atraso máximo de cerca de 2 horas, devido à inércia térmica do tabuleiro, sendo no entanto as temperaturas máxima e mínima do ar e da ponte, idênticas.

A máxima diferença entre a temperatura do carril e a temperatura da ponte verificou-se às 13:40 h do dia 14 de abril, tendo atingido o valor de 17 °C. Nos dias 15 e 16 esta diferença foi de 10 °C e de 12 °C, respetivamente.

Note-se que em Sena a temperatura máxima do ar poderá alcançar cerca de 40 °C e que a temperatura máxima dos carris poderá ultrapassar 60 °C.

Os procedimentos utilizados nos ensaios das quatro secções instrumentadas são idênticos, pelo que se apresentam os resultados obtidos para a Secção S3, por ser aquela onde se verificaram os maiores esforços nos carris.

Na Fig.43 apresentam-se as variações de tensão uniforme nas três subsecções da Secção S3, compensadas termicamente em função das diferenças para a temperatura de fecho dos carris. Na Fig. 44 apresentam-se as variações de curvatura no carril para as mesmas subsecções.

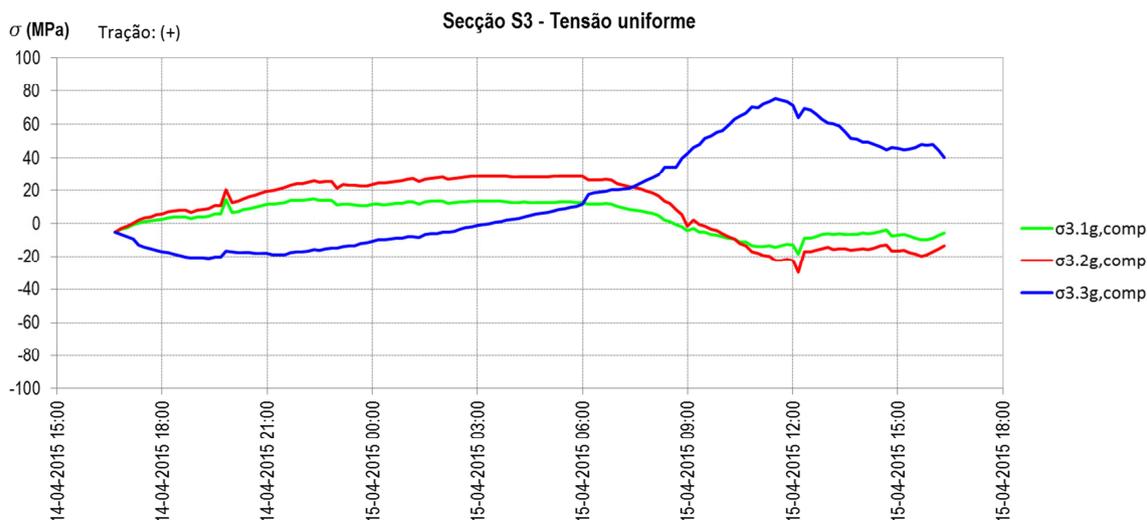


Fig. 43 - Secção S3: variação da tensão uniforme nos carris

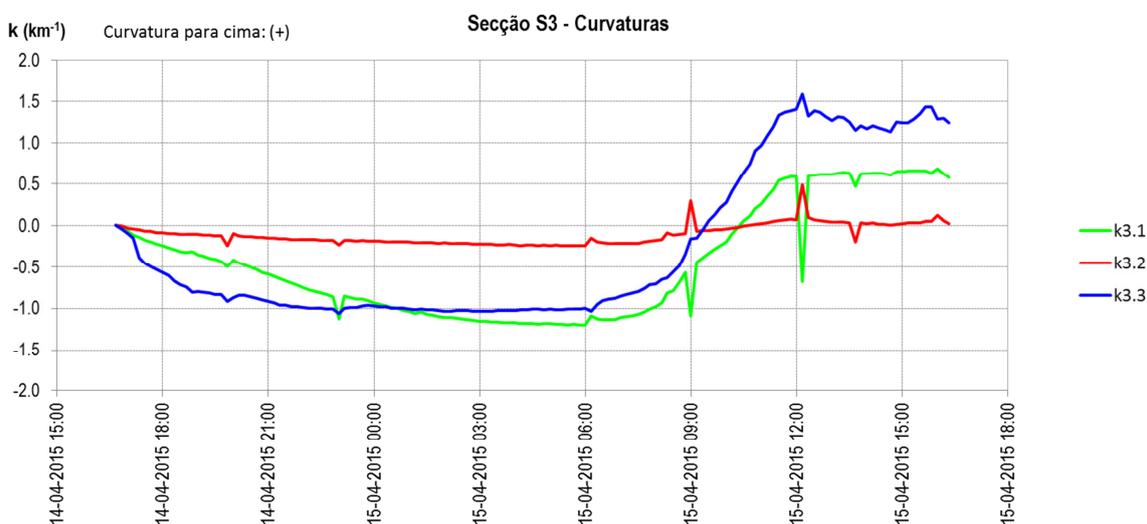


Fig. 44 - Secção S3: variação da curvatura dos carris

Considerando que a tensão uniforme nos carris é nula no instante em que é feita a soldadura de fecho, apresentam-se na Tabela 3 as tensões máxima (tração) e mínima (compressão) a que os carris foram sujeitos devido às ações térmicas ambientais, assim como as temperaturas máxima e mínima do carril.

Note-se que os carris são comprimidos quando a sua temperatura é superior à temperatura a que foram efetuadas as soldaduras que lhe conferem continuidade, e tracionados, caso contrário.

Tabela 3 - Tensão uniforme nos carris e temperatura

Secção	S1gmax (MPa)	S1gmin (MPa)	S2gmax (MPa)	S2gmin (MPa)	S3gmax (MPa)	S3gmin (MPa)	Tcarril _{max} (°C)	Tcarril _{min} (°C)
S1	-	-	38,4	-39,1	40,7	-34,8	50,3	19,8
S2	38,7	-20,4	38,1	-20,2	-	-	43,1	24,7
S3	14,7	-18,7	28,5	-30,1	75,0	-21,1	43,1	21,5
S4	24,7	-10,8	28,8	-16,9	29,1	-15,5	43,5	24,7

NOTA: Trações (+)

Na Tabela 4 apresentam-se as variações de curvatura medidas durante os ensaios.

Tabela 4 - Curvatura dos carris

Secção	$K_{1\max}$ (km^{-1})	$K_{1\min}$ (km^{-1})	$K_{2\max}$ (km^{-1})	$K_{2\min}$ (km^{-1})	$K_{3\max}$ (km^{-1})	$K_{3\min}$ (km^{-1})
S1	-	-	0,7	-0,0	0,0	-0,0
S2	0,0	-0,1	0,0	-0,0	-	-
S3	0,6	-1,2	0,1	-0,2	1,4	-1,0
S4	0,4	-0,3	0,0	-0,1	0,1	-0,0

NOTA: Curvatura para cima (+)

Note-se que, de um ponto de vista teórico, se o eixo do carril fosse reto, variações uniformes de temperatura não provocariam alterações na curvatura.

De um modo geral verifica-se que os valores máximos das variações de curvatura, calculadas a partir das extensões medidas, são na maioria dos casos praticamente nulos, existindo, no entanto, alguns valores mais elevados. As maiores variações de curvatura observaram-se na subsecção E2 da secção 1, nas subsecções E1 e E3 da secção S3 e na subsecção E1 da secção S4.

Foi efetuada uma análise de regressão linear para correlacionar as variações da tensão uniforme, ou da curvatura dos carris, com a temperatura dos carris, com a temperatura da ponte, e ainda com a diferença entre estas duas.

A partir desta análise verificou-se que a variação da tensão uniforme nos carris se encontra bem correlacionada com a variação de temperatura dos carris e não com a variação de temperatura do tabuleiro, o que indicia que, de um modo geral as variações de tensão nos carris não se devem às variações de comprimento do tabuleiro, de origem térmica. Este facto confirma a eficácia do sistema adotado no armamento de via, em isolar os carris do efeito das variações de comprimento do tabuleiro.

Relativamente às variações de curvatura dos carris, verifica-se que, de um modo geral não estão relacionadas com as variações de temperatura medidas, com exceção das subsecções E1 e E3 da secção S3 e da subsecção E1 da secção S4. Verifica-se também que foi nas duas primeiras subsecções onde se registaram as maiores variações de curvatura durante os ensaios.

9.3 Variações de tensão nos carris devidas à circulação ferroviária

A circulação ferroviária sobre a ponte provoca alterações no estado de tensão no carril, por três motivos. O primeiro relaciona-se com os esforços de flexão e com o esforço normal resultantes da ação das sobrecargas e das forças de tração ou de frenagem, que atuam sobre o carril. O segundo motivo prende-se com o próprio funcionamento do tabuleiro, uma vez que os esforços de flexão nele introduzidos pela circulação ferroviária, provocam, no caso das vigas treliçadas, alongamentos ao nível da corda inferior, e no caso das vigas de alma cheia, encurtamentos ao nível da fibra superior, que afetam o esforço normal nos carris. O terceiro motivo relaciona-se com os esforços introduzidos nos carris pelos deslocamentos verticais e pelas rotações das vigas onde eles se apoiam. Dado que as secções instrumentadas se situam na transição entre tramos, o facto de um tramo poder estar carregado e o outro não, também afeta o estado de tensão no carril.

Os ensaios realizados para avaliação das variações de tensão nos carris, devidas à circulação ferroviária tiveram duração inferior a dez minutos. Como cargas de ensaio utilizaram-se vagões HL6 (Figura 30), e ainda locomotivas GT 26-GM (Figura 29).

Para cada uma das secções instrumentadas, calcularam-se, a partir das extensões medidas, os valores das variações da tensão uniforme nos carris e as variações de tensão ao nível das fibras extremas dos carris devidas à circulação ferroviária.

Relembra-se que as secções S1 a S4 estão localizadas sobre os pilares, na transição entre tramos, que a subsecção E2 se situa na junta entre tramos e que as subsecções E1 e E3 se situam, respetivamente, do lado de Sena e de Mutarara, existindo um vão, entre travessas, de intervalo para a subsecção E2 (Figura 41).

Na análise dos valores apresentados deve ainda ter-se em consideração as condições de apoio dos tramos nos pilares, designadamente o facto dos aparelhos de apoio serem fixos do lado de Sena e móveis do lado de Mutarara.

Apresentou-se anteriormente na Figura 31, para a zona constituída por tramos de 80 m, da Ponte Dona Ana, um diagrama de cálculo da variação da tensão uniforme no carril devida à flexão, quando se aplica uma sobrecarga ferroviária aos três tramos centrais e um esforço de frenagem.

Foi também anteriormente apresentado na Figura 32 apresenta-se o diagrama de esforço axial, para uma variação de temperatura de +35 °C.

Nos casos em que existem tramos contíguos carregados os efeitos sobrepõem-se, pelo que as compressões geradas do lado do apoio móvel fazem diminuir as trações geradas do lado do apoio fixo. Por este motivo os carris são mais solicitados na zona de transição entre tramos, nos instantes da entrada ou da saída do comboio.

Apresentam-se na Figura 45 as variações de tensão uniforme devidas à circulação ferroviária nas subsecções E1 a E3 da secção S3.

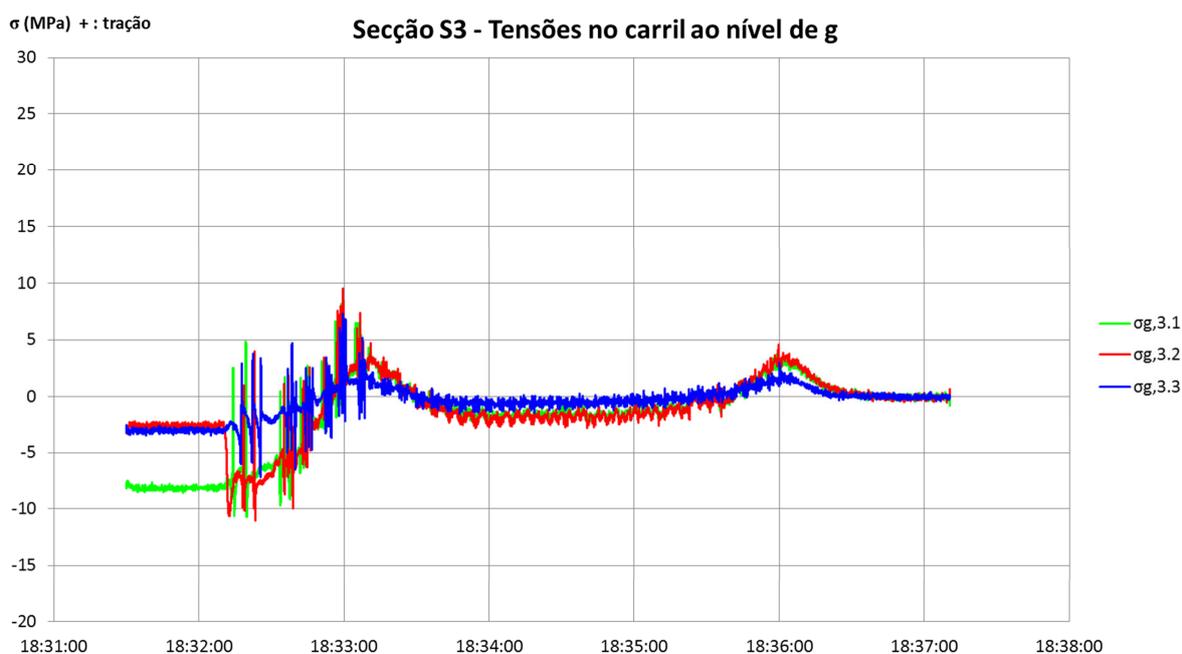


Fig. 45 - Secção S3: variação da tensão uniforme nos carris

Neste ensaio o comboio circulava vazio de Sena para Mutarara, tendo-se iniciado o ensaio com o eixo dianteiro da locomotiva posicionado sobre a subsecção E2.

Os diagramas apresentados na Figura 45 refletem as compressões nos carris decorrentes do facto de, inicialmente, apenas se encontrarem carregados os tramos do lado de Sena. Nesse instante observa-se uma diferença nos valores das tensões de compressão na subsecção E1 (8 MPa), em relação às restantes (-3 MPa). No entanto, logo após o arranque as tensões na subsecção E2 passam a ser idênticas às que se verificam na subsecção E1, tal como seria esperado, pelo facto das fixações serem todas permissivas nessa zona.

As trações máximas registadas após a saída do comboio são idênticas nas subsecções E1 e E2 (4 MPa) e têm um valor inferior na subsecção E3 (2 MPa).

Enquanto o comboio ocupou os tramos contíguos à secção S3 verifica-se que a tensão uniforme no carril foi sensivelmente constante e próxima de -2 MPa, devido à sobreposição de efeitos. O valor absoluto desta tensão é inferior ao que se verificava nos ensaios das secções S1 e S2, porque os vagões se encontravam descarregados.

Na Figura 46 e na Figura 47 apresentam-se as variações de tensão nas fibras extremas devidas à circulação ferroviária na subsecção E2 da secção S3, para a totalidade do intervalo de tempo em que decorreu o ensaio

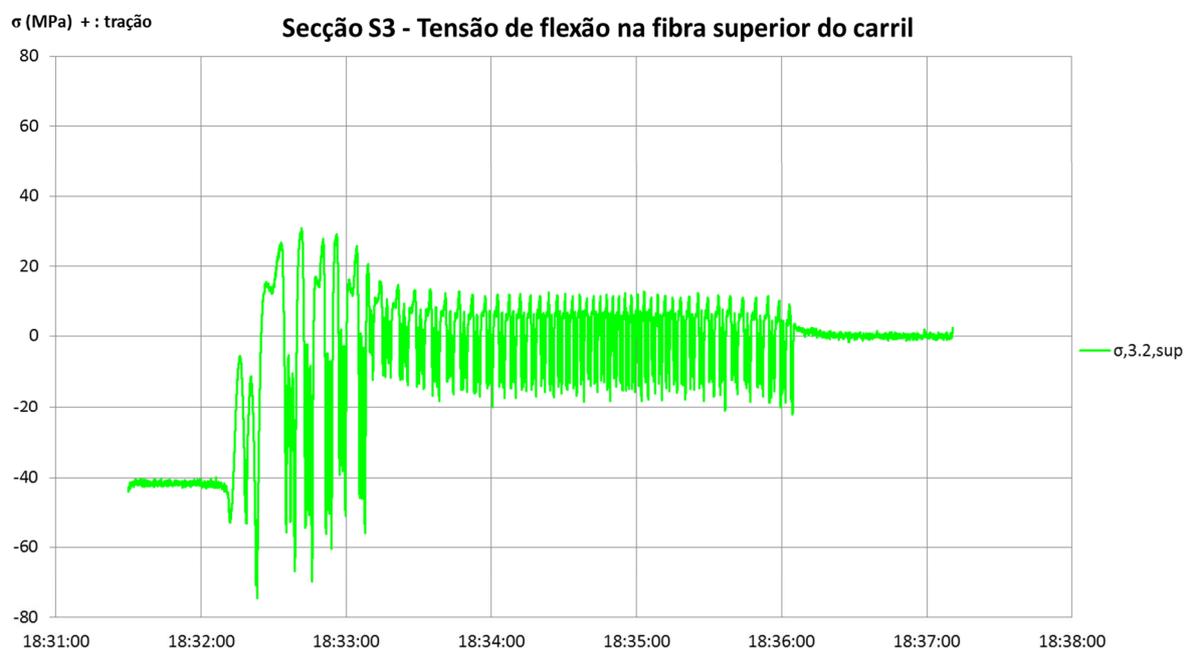


Fig. 46 - Secção S3/E2: variação da tensão de flexão na fibra superior

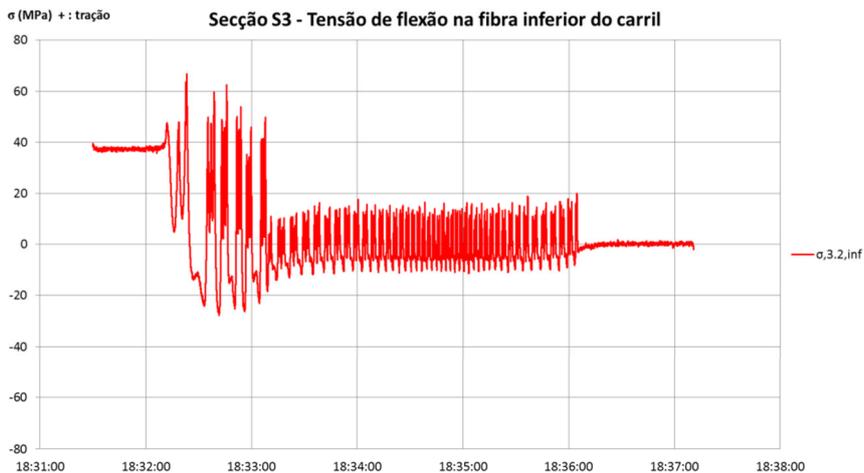


Fig. 47 - Secção S3/E2: variação da tensão de flexão na fibra inferior

Nas figuras 48 e 49 pode ver-se a variação de tensão na fase de arranque do comboio, que permite observar, com detalhe, o efeito do peso da primeira locomotiva.

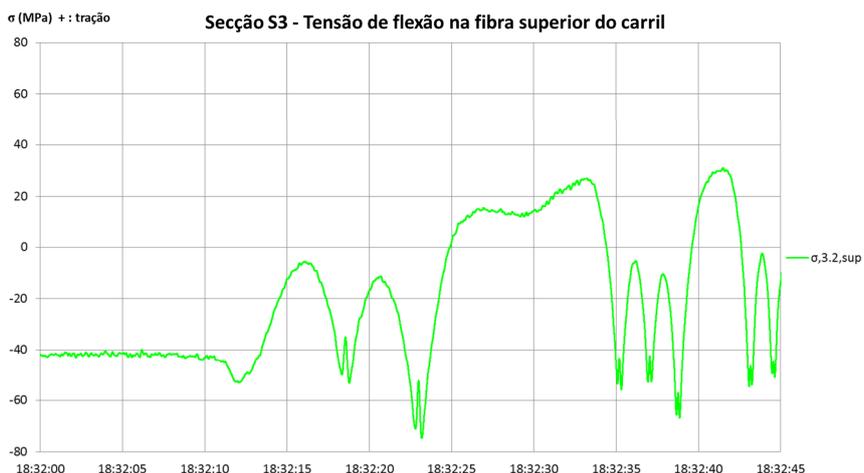


Fig. 48 - Secção S3/E2: variação da tensão de flexão na fibra superior durante o arranque do comboio

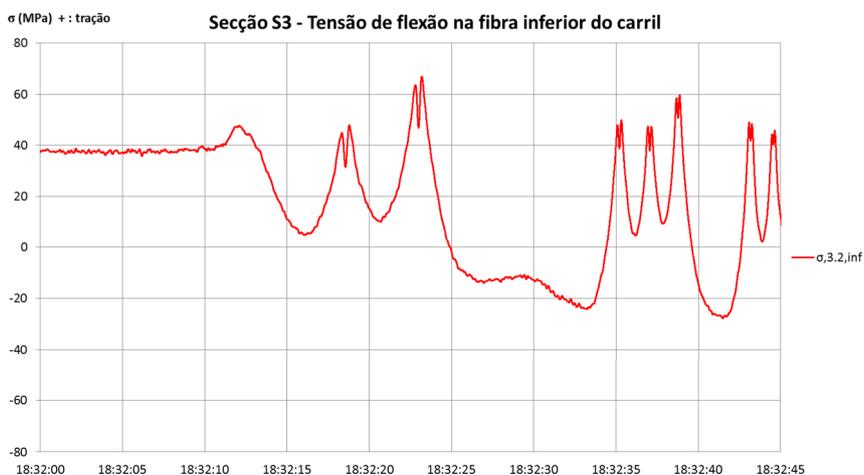


Fig. 49 - Secção S3/E2: variação da tensão de flexão na fibra inferior durante o arranque do comboio

Na Figura 50 e na Figura 51 apresenta-se apenas a fase da saída do comboio, para evidenciar o efeito do peso de um par de vagões descarregados.

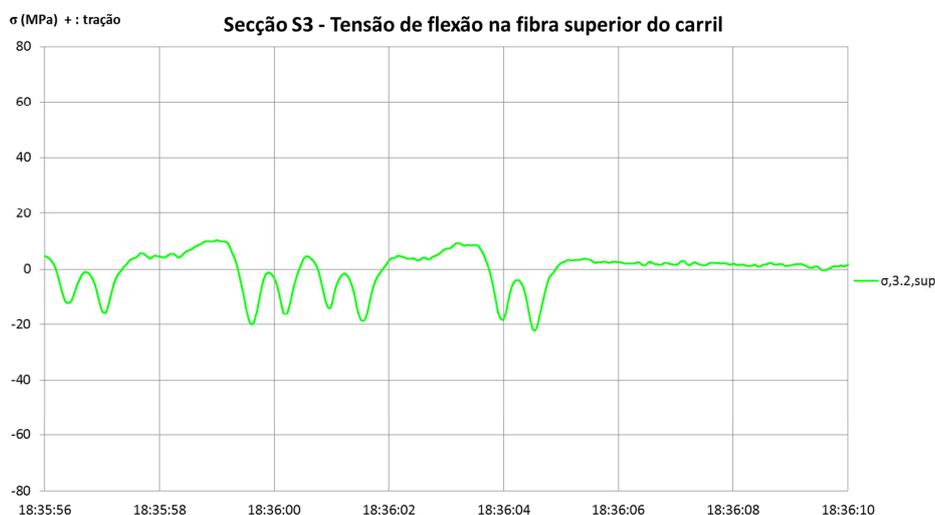


Fig. 50 - Secção S3/E2: variação da tensão de flexão na fibra superior durante a saída do comboio

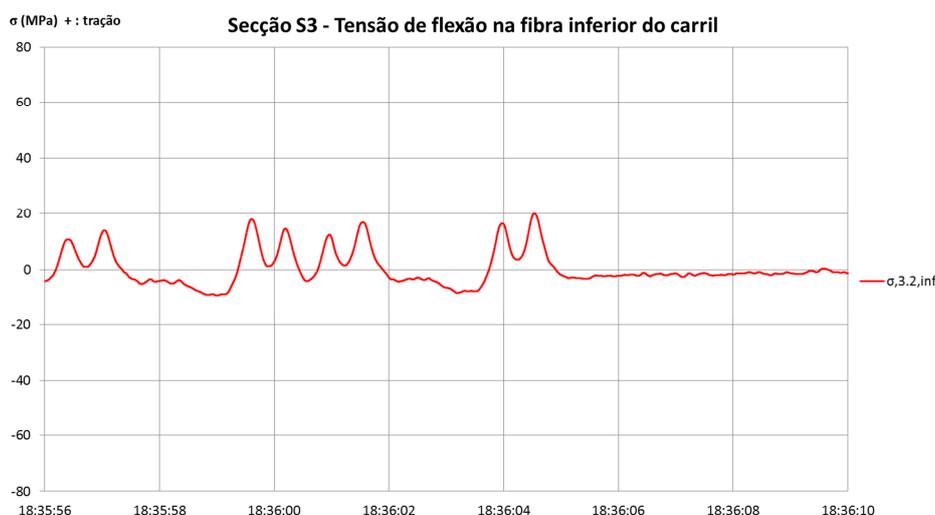


Fig. 51 - Secção S3/E2: variação da tensão de flexão na fibra inferior durante a saída do comboio

Na subsecção E2 da secção S3, durante a passagem do comboio a tensão na fibra superior variou entre 31 e -73 MPa e na fibra inferior entre 65 e -27 MPa. Esta variação engloba a flexão do carril, entre travessas, devido à sobrecarga ferroviária e também a flexão do carril devido à deformação do tramo.

Retirando o efeito da deformação do próprio tabuleiro no carril, verificou-se que, para a passagem da locomotiva, a compressão máxima registada na fibra superior foi de -80 MPa e a tração máxima registada na fibra inferior foi de 77 MPa, enquanto para a passagem do vagão HL6 vazio, a compressão máxima registada na fibra superior foi de -23 MPa e a tração máxima registada na fibra inferior foi de 21 MPa.

9.4 Resumo dos resultados obtidos nos ensaios com circulação ferroviária

Apresenta-se na Tabela 5 um resumo dos resultados obtidos para a variação da tensão uniforme nos carris, devida à circulação ferroviária. Neste quadro apresentam-se as tensões de tração e compressão máximas registadas.

Tabela 5 - Variação de tensão uniforme nos carris devido à circulação ferroviária (Silveira, *et al.*, 2015)

Secção	Tração máxima (MPa)	Compressão máxima (MPa)
S1	17	-10
S2	14	-12
S3	4	-8
S4	2	-12

NOTA: Trações (+)

Os valores máximos encontrados para as secções instrumentadas foram de 17 MPa em tração e de -12 MPa em compressão. Note-se que estes valores ocorrem na entrada e na saída do comboio, nos tramos contíguos às secções instrumentadas.

Na Tabela 6 apresentam-se as envolventes das tensões registadas nas fibras superior e inferior da subsecção E2 das diversas secções. Estas tensões incluem os efeitos devidos à flexão do carril, entre travessas, e à sua interação com a estrutura.

Tabela 6 - Variação de tensão de flexão nos carris devido à circulação ferroviária

Secção	Fibra superior		Fibra inferior	
	Tração máxima (MPa)	Compressão máxima (MPa)	Tração máxima (MPa)	Compressão máxima (MPa)
S1	53	-23	20	-44
S2	55	-23	23	-50
S3	31	-73	65	-27
S4	46	-25	21	-40

NOTA: Trações (+)

Verificou-se que a interação entre a via e a estrutura, na envolvente das secções S1 e S2, é bastante superior à que ocorre na envolvente das secções S3 e S4, o que se deve ao modo como a parcela da tensão, devida à interação entre a via e a estrutura, varia ao longo do ensaio. Esta situação resulta do facto dos ensaios das secções S1 e S2 terem sido efetuados com os vagões carregados (20,5 tf/eixo), enquanto os ensaios das secções S3 e S4 terem sido realizados com os vagões vazios (4,75 tf/eixo).

A título de exemplo, representa-se na Figura 52 a verde escuro, a parcela da tensão (σ_{int}) devida à interação entre a via e a estrutura, para a fibra superior da subsecção E2 da secção S2.

Verifica-se que os valores obtidos para as variações de tensão de flexão devidas às sobrecargas ferroviárias são idênticas às obtidas através do modelo numérico desenvolvido no LNEC (-56 MPa; 50 MPa).

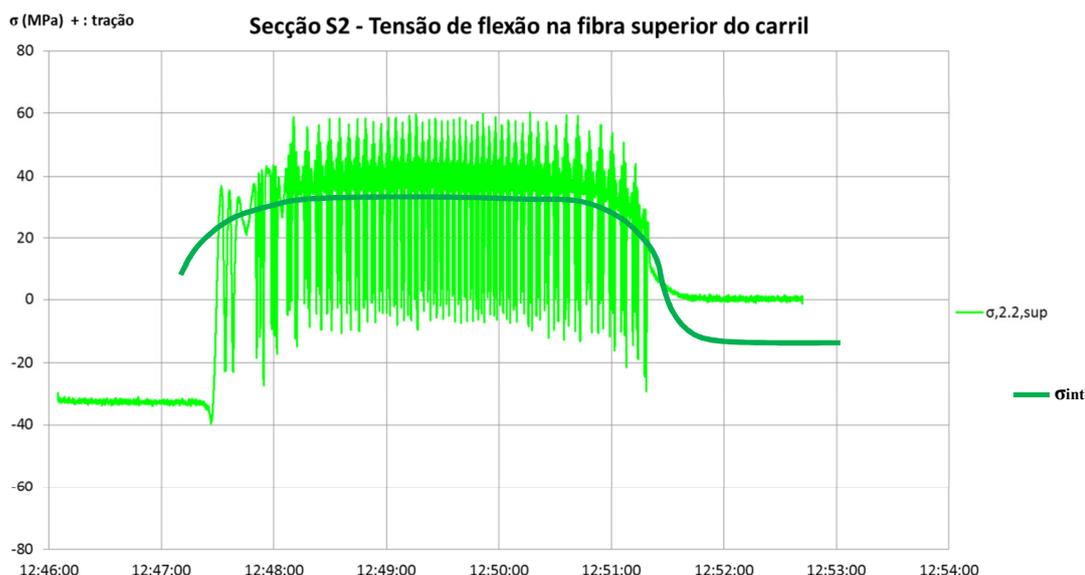


Fig. 52 - Ilustração da decomposição da variação da tensão de flexão

10. APRECIACÃO DOS RESULTADOS

Na regulamentação (EN1991-2, 2003; UIC CODE 774-2, 2001) são estabelecidos limites para os acréscimos de tensão devidos aos fenómenos de interação via-estrutura. No caso da ponte Dona Ana, conforme definido no relatório relativo à primeira fase deste estudo, em que se analisou a interação entre a via e a estrutura, com vista à definição de disposições específicas para o armamento de via (Oliveira e Silveira, 2014), os limites são os seguintes:

- Acréscimo de tensão de compressão no carril de 92 MPa;
- Acréscimo de tensão de tração no carril de 92 MPa (ve Figura 26).

Na Figura 26, ilustra-se o modo como é estabelecido o limite definido. Considerando que a tensão máxima admissível para o aço dos carris é igual a 470 MPa, o que corresponde a 90% da sua tensão de cedência (525MPa), constata-se que a tensão de tração disponível para os efeitos decorrentes da interação via-estrutura é igual a 112 MPa. No entanto, segundo Delgado (2013) e Simões (2006), este valor não é consensual, sendo usualmente definido nas diversas regulamentações (EN1991-2, 2003; UIC CODE 774-2, 2001) o valor máximo de 92 MPa.

Na análise da estabilidade dos carris deve ter-se em consideração que a variação de tensão admissível devida às sobrecargas ferroviárias, às variações de temperatura e à sua interação com a estrutura não deve ultrapassar 390 MPa. Este valor corresponde à diferença entre a tensão admissível (470 MPa) e a tensão residual (80 MPa) resultante do processo de laminagem.

O caso mais desfavorável situa-se na secção S3, para a qual se obtiveram as seguintes variações de tensão:

- Sobrecargas ferroviárias:
 - Flexão: -73 MPa e 65 MPa;
 - Interação via/estrutura: -8 MPa e 4 MPa;

- Variação de temperatura:
 - Tensão uniforme no carril para $\Delta t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$: $\pm 90 \text{ MPa}$;
 - Tensão uniforme no carril estimada para $\Delta t = 50 \text{ }^\circ\text{C}$: $\pm 225 \text{ MPa}$;

A partir destes valores verifica-se que as tensões máximas a que o carril seria sujeito nas secções instrumentadas, se se verificar uma variação de temperatura de $\pm 50 \text{ }^\circ\text{C}$, relativamente à temperatura de fecho, são -306 MPa de compressão e 294 MPa de tração.

11. CONCLUSÕES

Os efeitos decorrentes da interação via/estrutura são difíceis de quantificar dada a complexidade de modelar rigorosamente o conjunto via/estrutura, uma vez que está em jogo um elevado número de fatores que nem sempre são suscetíveis de ser avaliados com rigor. Os ensaios para avaliação das variações de tensão nos carris devidas à circulação ferroviária e às ações térmicas ambientais têm implicitamente em consideração a interação entre a via e a estrutura.

Os ensaios realizados na ponte permitiram, não só comprovar as hipóteses admitidas na modelação numérica utilizada, mas também verificar experimentalmente a adequabilidade da solução adotada.

Verificou-se, para a solução construída, que a variação da tensão uniforme nos carris se encontra bem correlacionada com a variação de temperatura dos carris e não com a variação de temperatura do tabuleiro, o que indicia que, de um modo geral as variações de tensão nos carris não se devem às variações de comprimento do tabuleiro, de origem térmica. Este facto confirma que o sistema adotado para o armamento de via é eficaz para isolar os carris do efeito das variações de comprimento do tabuleiro.

Para além de uma escolha criteriosa da distribuição das fixações permissivas e não permissivas ao longo da ponte, também as soluções construtivas adotadas, designadamente a utilização de palmilhas de elastómero sob as travessas, o esquema concebido para fixação das travessas às longarinas e a adoção de pequenos intervalos entre as travessas e os cutelos de fixação, contribuíram para a eficácia da solução adotada.

Tendo em consideração os valores obtidos nos ensaios realizados conclui-se que as tensões a que os carris da Ponte de Dona Ana estão sujeitos não ultrapassam o valor limite definido de 390 MPa .

Os resultados obtidos a partir nos ensaios realizados na ponte, juntamente com o facto de não terem sido observadas anomalias decorrentes de um funcionamento deficiente do conjunto via/estrutura, permite concluir que a solução adotada para o armamento de via poderá garantir o seu bom desempenho ao longo da vida útil da obra-de-arte, diminuindo os custos com a sua manutenção uma vez que evita a utilização de aparelhos de dilatação de via.

Deve finalmente salientar-se que este estudo permitiu verificar que a solução inovadora de barra longa soldada adotada para o armamento de via garante o seu bom desempenho, para além de diminuir os custos relacionados com a manutenção, uma vez que, não só evita a utilização de aparelhos de dilatação de via, como também resolve os problemas de estabilidade que existiam na anterior solução de via com juntas.

REFERÊNCIAS

- [1]-Appleton, J. Estruturas de Betão, Volume 1, 1ª Edição, Edições Orion, 2013.
- [2]-Coelho, L. Blocos Técnicos em Infra-Estruturas Ferroviárias, Comportamento e Práticas Nacionais e Internacionais, Tese de Mestrado, IST, 2008.
- [3]-Casal, H. Comportamento Dinâmico de Pontes Ferroviárias de Alta Velocidade com Via Não Balastrada, Dissertação de Mestrado, IST, 2010.
- [4]-Delgado, J. Interação Via - Ponte em Linhas Ferroviárias, Tese de Doutoramento, FEUP, 2013.
- [5]-EN 13146-1 - Railway applications. Track. Test methods for fastening systems. Determination of longitudinal rail restraint, Comité Europeen de Normalisation (CEN), 2012.
- [6]-EN 13146-7 - Railway applications. Track. Test methods for fastening systems. Determination of clamping force, Comité Europeen de Normalisation (CEN), 2012.
- [7]-EN 13481-2 - Railway applications - Track - Performance requirements for fastening systems - Part 2: Fastening Systems for concrete sleepers, Comité Europeen de Normalisation (CEN), 2002.
- [8]-EN 1991-2 - Eurocode 1: Actions on structures - Part 2: Traffic loads on bridges, Comité Europeen de Normalisation (CEN), 2003.
- [9]-Freudenstein, S. Ensaio de sistema de fixação de carris KS em conformidade com DIN EN 13481-8, Relatório N.º 2695, Universidade Técnica de Munique, 2010.
- [10]-González, P. *et.al.* Alta Velocidad: El Fenómeno de Interacción Vía-Tablero en Puentes, Revista de Obras Públicas/Febrero 2002/N.º 3.418.
- [11]-Oliveira, P., Silveira, P. - Ponte De Dona Ana - Interação entre a via e a estrutura, Relatório 286/2014-NOE, LNEC, 2014.
- [12]-Oliveira, A. Xu, M. Silveira, P. - Levantamento Geométrico e Modelação Estrutural da Ponte de Dona Ana, sobre o Rio Zambeze, em Moçambique, Relatório 123/2012-NOE, LNEC, 2012.
- [13]-Oliveira, P., Pipa, M., Silveira, P. - Ensaios de retenção longitudinal para o armamento de via e os carris da Ponte de Dona, Relatório nº285/2014-NOE, LNEC, 2014.
- [14]-Silveira, P., Oliveira, A., Coelho, T., Xu, M. - Estudo sobre as condições de serviço da ponte ferroviária de D. Ana, sobre o rio Zambeze, em Moçambique, Relatório 143/2012-NOE, LNEC, 2012.
- [15]-Simões, R. Interação Via - Ponte em Linhas Ferroviárias de Alta Velocidade, Tese de Mestrado, FEUP, 2006.
- [16]-UIC CODE 774-3 - Track/bridge Interaction - Recommendations for calculations, 2nd edition, 2001.

ARTIGO REF: 6809

VIBRAÇÕES LIVRES NÃO AMORTECIDAS EM PONTES

Patrícia Almeida Lipener^{1(*)}, Reyolando M.L.R.F. Brasil²

¹Universidade de São Paulo, Depart. Eng^a de Estruturas, São Paulo, Brasil

²Universidade de São Paulo, Depart. Eng^a de Estruturas, São Paulo, Brasil

(*)*Email*: patricialipener@hotmail.com

RESUMO

Pontes são estruturas denominadas obras de arte ou obras especiais, utilizadas em rotas e vias de comunicação, possibilitando que veículos atravessem obstáculos naturais ou artificiais como, por exemplo, rios. Tais estruturas são construídas considerando os esforços aos quais será submetida a sua distribuição na estrutura. Além disso, existe a necessidade de se avaliar as frequências naturais de vibração das mesmas. No presente trabalho são analisados alguns problemas relacionados às vibrações de pontes e viadutos em grelha, resultantes das variações de rigidez e massa nessas estruturas. Essa análise foi feita considerando-se que vibrações excessivas não condizem com o conforto humano e durabilidade da ponte. Ademais, para a estrutura é interessante fugir do efeito de ressonância, que acontece quando a frequência de excitação coincide com uma das frequências naturais de oscilação do sistema. Essa condição faz o sistema vibrar em amplitudes cada vez maiores, podendo causar inclusive a ruína. Para estudar formas de sair de uma frequência natural não amortecida indesejada, foi realizada uma pesquisa paramétrica das características dinâmicas deste tipo de estrutura, modificando parâmetros como rigidez (pela distribuição de longarinas e de transversinas), massa (devido à alteração das dimensões) e danos estruturais causados durante a vida útil da estrutura. Com intuito de comparar as frequências naturais não amortecidas de diversos modelos foram adotadas três diferentes situações de projeto: superestrutura com variadas alturas de longarinas e de transversinas (variação de área e inercia), pequenos defeitos ou danos na estrutura e o efeito de uma longarina rompida. As análises foram realizadas pelo Método dos Elementos Finitos, utilizando-se o programa comercial SAP2000.

Pontes têm grande papel no que tange aos avanços de infraestrutura no Brasil. É possível notar uma modificação nos projetos atuais quanto à transversinas. Seu uso é assunto polêmico no dimensionamento de pontes. De acordo com Fulgêncio (2014), o emprego de vigas longarinas em pontes muitas vezes requer o uso de vigas transversinas e elas demandam um relevante esforço para sua execução, por serem geralmente concretadas *in loco*. Assim, é necessário considerar o efeito de grelha sobre os esforços e deformações na hora de analisar o projeto.

Nos últimos anos é prática cada vez mais usual a execução de tabuleiros de pontes em concreto armado sem a presença de vigas transversinas. Fulgêncio (2014) concluiu, como Alves (2010), que a utilização de transversinas, do ponto de vista de solicitações e deformações da ponte, não é considerada compensadora. Partindo então da hipótese de que estaticamente as transversinas não são necessárias buscou-se descobrir sua influência nas vibrações da estrutura, para tentar justificar de sua utilização.

Muitas pontes existentes foram construídas há muitos anos e durante sua vida útil estas foram por vezes acidentadas. Os acidentes considerados para essa pesquisa são aqueles em que um caminhão, por exemplo, ao passar pela via inferior à ponte, danifica a longarina por ter mais

altura do que é permitido na via. Esses acidentes provocam danos na estrutura, que podem ser de uma pequena parte do concreto rompido até um rompimento completo na longarina. Com intenção de simular esses danos, diferentes modelos foram feitos com presença de danos e com o rompimento da longarina. Cada caso desses foi estudado para danos em diferentes posições.

Acredita-se que, com esse trabalho, pesquisas futuras, no campo de análise dinâmica experimental, possam ser incentivadas. Espera-se também que estruturas, com problemas de ressonâncias, tenham suporte para modificar parâmetros do projeto e sair da excitação crítica.

REFERÊNCIAS

- [1]-Alves, M. S. Avaliação da distribuição transversal de cargas em tabuleiros de pontes em vigas múltiplas, com e sem transversinas internas. Salvador, 2010.
- [2]-Ajefe F., Penna S., Pitangueira R. “Elementos finitos de casca do sistema computacional” INSANE Rev. Esc. Minas, vol.64, no.4, Ouro Preto, 2011.
- [3]-Bachmann, H.; Ammann, W. J.; Deisch. F. Vibration problems in structures: practical guidelines. New York: Springer Verlag, 1995.
- [4]-Brasil, R.; Silva, M. Introdução A Dinâmica Das Estruturas. São Paulo. Editora Edgard Blucher. 2013.
- [5]-Brasil, R. M. L. R. F., Silva, M. A. e Balthazar, J. M., (2014), Nonlinear Dynamic Analysis of Slender Reinforced Concrete Structures Subjected to Wind Loading, Proceedings of the EUROLYN 2014, Porto, Portugal.
- [6]-Chopra, A. K., Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering, 4.ed, New Jersey: Prentice-Hall, 2012.
- [7]-Clough, R; Penzien, J. Dynamics of structures. New York. Editora McGraw-hill, 1993.
- [8]-Fulgência, J. P. T. O. R; Paula, F. A; Azevedo, C. P B. Análise do Uso de Vigas Transversinas em Pontes de Concreto Armado. In: VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas, 2014.

ARTIGO REF: 6810

ANÁLISE DINÂMICA ESTOCÁSTICA DO CARREGAMENTO DE VEÍCULOS EM PONTES E VIADUTOS

André Luís Travassos Gurgel de Moraes^(*), Reyolando M.L.R.F. Brasil

Universidade de São Paulo, Depart. Eng^a de Estruturas, São Paulo, Brasil

^(*)*Email:* andre-gurgel@hotmail.com

RESUMO

O intuito deste trabalho é gerar uma metodologia de simulação do carregamento dinâmico advindo dos veículos que transitam em pontes e viadutos, tendo em vista a natureza aleatória desse evento. O grande motivador deste tema é a possibilidade de considerar uma característica que é rotineiramente ignorada na análise de pontes: o fluxo não determinístico do tráfego e as implicações do mesmo nos esforços solicitantes da estrutura. O plano de trabalho consistirá no desenvolvimento de uma rotina computacional que automatize o processo de obtenção de um histórico de carregamentos a partir da densidade espectral de potência (PSD) do trânsito, em função das frequências. Esse histórico será aplicado em uma ponte em grelha para análise dinâmica através do Método dos Elementos Finitos. Da resposta obtida, é possível realizar um tratamento estatístico, assumindo uma função de densidade de probabilidades adequada, e comparar os resultados com os procedimentos clássicos de análise de pontes.

Desde o começo do século XX, verifica-se o notório desenvolvimento de soluções cada vez mais arrojadas para os diversos problemas da Engenharia de Estruturas. Com dimensões e esbeltezas cada vez maiores, a consideração da análise dinâmica, que era outrora desconsiderada, passou a ter vital importância no dimensionamento estrutural (CORRADI, 2005). O trágico caso do colapso da Ponte de Tacoma Narrows, no ano de 1940, desencadeou intensas discussões a respeito da necessidade de se conhecer o comportamento dinâmico de estruturas, particularmente de pontes e viadutos, sob ação de carregamentos móveis.

Naquela época, a análise dinâmica conduzia a deslocamentos de magnitude relativamente desprezível devido à robustez das estruturas. Além disso, a complexidade do cálculo envolvido também era um fator que desmotivava a adoção de tal prática. Foi somente com o advento do computador, após a Segunda Grande Guerra, e a consequente concepção do Método dos Elementos Finitos (MEF), na década de 60, que a análise dinâmica passou a ser mais palpável do ponto de vista matemático (BRASIL, 2013). A popularização do Método fomentou a criação de softwares estruturais e a Dinâmica das Estruturas passou a ser largamente empregada, ZIENKIEWICZ (2000) e BATHE (1977).

Diferentemente da dinâmica determinística, cuja origem é especulada por volta de meados do século III a. C. (MENDES, 2012), o campo de estudo dos Processos Estocásticos é uma ciência muito mais recente. As primeiras noções de variáveis randômicas foram desenvolvidas por Einstein, na tentativa de descrever o movimento browniano (movimento aleatório das partículas suspensas num fluido), apenas no início do século XX (LI; CHEN, 2009). A partir daí, o ramo da Estocástica passou a ser empregado nas mais diferentes áreas, desde a Física até a Economia, dado o caráter abrangente de reprodução de diversos fenômenos proporcionados pelo seu poderoso ferramental.

Pela capacidade de reproduzir a aleatoriedade de certos eventos, a fusão entre Estocástica e Dinâmica das Estruturas foi natural. Dessa forma, os principais objetos de estudo da dinâmica puderam ser encarados sobre uma nova ótica. Com efeito, a modelagem de ações randômicas (tais como vento, sismos e o tráfego de veículos e pessoas) de forma não-determinística permitiu uma simulação mais acurada do que efetivamente ocorre com as estruturas.

Sob esse viés, propõe-se o estudo de pontes e viadutos considerando ações dinâmicas, proveniente do tráfego de veículos, de forma estocástica. Trata-se de campo de pesquisas novo e pouco explorado, justificando um trabalho de mestrado no assunto. Uma possível fonte de informações recentes, são as publicações da ASHTO (2012), American Society of Highway and Transportation Officials.

Embasamento completo em dinâmica de estruturas tanto determinística como aleatória pode ser encontrado em especial nas obras primas de CLOGH & PENZIEN (1993) e NEWLAND (2005). Numa perspectiva histórica, tudo se iniciou com TIMOSHENKO (1994). Para solução prática de problemas de vibração em estruturas, a autoridade é BACHMANN (1995)

REFERÊNCIAS

- [1]-Brasil, R.; Silva, M. Introdução à dinâmica das estruturas. São Paulo. Editora Edgard Blucher. 2013.
- [2]-Clough, R; Penzien, J. Dynamics of structures 3rd Ed. New York. Editora McGraw-hill, 1993.
- [3]-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. NBR 7188:2013 Carga Móvel em Ponte Rodoviária e Passarela de Pedestre. Rio de Janeiro, 2013.
- [4]-Bachmann, H.; Ammann, W. J.; Deisch. F. Vibration problems in structures: practical guidelines. New York: Springer Verlag, 1995.
- [5]-Timoshenko, S. Young, D.H. Weaver, W. Vibration Problems in Engineering. New York, 1974.
- [6]-Corradi, M. A short account of the history of structural dynamics between the nineteenth and twentieth centuries. Northumbria University, 2005.
- [7]-AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. A police on geometric design of highways and streets. Washington D.C., 2001
- [8]-AASHTO LRFD bridge design specifications. Washington D.C., 2012.
- [9]-Mendes, P. Dinâmica das estruturas. Porto, 2012.
- [10]-Li, J.; Chen, J. Stochastic dynamic of structures. John Wiley & Sons (Asia), Shangai, 2009.
- [11]-Bath, K.J.; Wilson, E.L. Numerical methods in finite element analysis. Prentice-Hall, New Jersey, 1977.
- [12]-Newland, D.E. An introduction to random vibrations and spectral analysis. 3rd edition, John Wiley & Sons, Cambridge, 2005.
- [13]-Zienkiewicz, O.C.; Taylor, R.L. The finite element method. 5th edition, Butterworth-Heinemann, Barcelona, 2000.
- [14]-Chen, Y.; Georgeou, T. Stochastic bridges of linear systems. Publicado em IEEE Transactions on Automatic Control, Vol.61(1), Ithaca, 2016.

ARTIGO REF: 6814

A MALDIÇÃO DO VENCEDOR EM CONCURSOS DE CONSTRUÇÃO

Daniel Baloi^(*)

Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane
Maputo, Moçambique

^(*)*Email:* baloi@zebra.uem.mz

RESUMO

O preço mais baixo avaliado ou menor preço tem sido o factor decisivo na determinação do vencedor em concursos de projectos de construção em Moçambique. Por esta razão, a preocupação em apresentar preços com elevada chance de sucesso nos concursos é cada vez mais acentuada. A questão que se levanta com frequência é a de que até que ponto o preço mais baixo avaliado reflecte a realidade da produção da construção objecto do concurso dentro dos padrões definidos no projecto. Há cada vez mais um risco elevado de o menor preço se afastar do preço real que permite realizar os trabalhos com os padrões definidos e ainda assegurar o retorno necessário à empresa.

De acordo com Brokman (2011), todos os concorrentes podem ter erros na estimativa de preço, incluindo o concorrente vencedor, mas a estimativa deste último tende a situar-se abaixo da média das estimativas, facto preocupante. Evidências mostram que o preço da proposta vencedora encontra-se frequentemente abaixo do preço de equilíbrio, ou seja, aquele determinado pela oferta e procura num mercado competitivo. Supondo ter sido alcançado o equilíbrio de Nash, é pouco provável que haja alteração das estratégias por parte dos concorrentes. A empresa com o menor preço terá adoptado a melhor estratégia tendo em vista o benefício esperado.

Como o preço continua a ser determinante na selecção do vencedor, as empresas concorrentes fazem um exercício enorme de forma a serem competitivas, puxando assim os preços para níveis bastantes reduzidos. Bastas vezes, no entanto, os benefícios esperados pelas empresas vencedoras não se efectivam, particularmente quando o menor preço avaliado está muito afastado do preço real da realização da construção objecto do concurso. As consequências resultantes deste fenómeno são negativas para as partes contratantes, em particular, e para o sector da construção, em geral. Nestas circunstâncias, há um grande risco de ocorrer a maldição do vencedor (*winner's curse*). Vários estudos realizados neste campo identificaram os riscos associados ao preço mais baixo. Em particular, quando o número de concorrentes é muito elevado, decorrente de um desequilíbrio entre a oferta e a procura, o risco do cliente seleccionar a proposta de preço mais baixo irrealista aumenta drasticamente. O concorrente da proposta mais baixa sujeita-se com frequência a realizar os trabalhos por um preço que nenhum outro conseguiria ou estaria disposto a aceitar.

Este artigo discute a maldição do vencedor inerente aos concursos de construção no formato de propostas seladas submetidas em simultâneo, com predominância de uma distribuição anormal de preços, onde o vencedor é o que apresenta o menor preço avaliado, observados os requisitos de qualificação. A análise é parte de um estudo mais amplo da variabilidade de preços de construção. Argumenta-se que neste tipo de situações a ocorrência da maldição do vencedor é altamente provável devido a um conjunto de factores inerentes ao processo, os

quais incluem escassez de informação, informação imperfeita, erros nas estimativas, pressão, vieses de vária ordem e critérios de decisão.

É feita a avaliação da possibilidade da ocorrência da maldição do vencedor com recurso à determinação do "spread", com base numa amostra de sessenta projectos de construção levados a concurso em vários pontos do país. Empregou-se estatística descritiva para a análise de dados. Os resultados indicam "spreads" bastante elevados, indiciando a existência de maldição do vencedor. São avançadas sugestões no sentido de se obviar ou minimizar o fenómeno e as suas implicações negativas sobre a indústria da construção e os clientes em particular.

ARTIGO REF: 6892

SMARTSHOCK - SUSPENSÕES INTELIGENTES PARA OPTIMIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO RODOVIÁRIA

José Manuel Fonseca^(*), Miguel Filipe Prego

Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Depart. Eng. Electrotécnica,
Caparica, Portugal

^(*)Email: jmf@uninova.pt

RESUMO

A detecção automática de irregularidades no asfalto é uma área de aplicação de sensores [Chen et al., 2011] com uma vasta aplicação tanto para o auxílio aos condutores [Madli et al., 2015] como para o apoio à gestão rodoviária [Kattan & Aboalmaaly, 2014]. O projeto *SmartShock* visa o desenvolvimento e implementação de um sistema capaz de registar as irregularidades do asfalto e comunicá-las a um sistema central que faz a consolidação da informação recolhida de todos os veículos dotados de sensores *SmartShock* criando um repositório de informação que permite às entidades gestoras das vias rodoviárias otimizar a sua manutenção.

A ideia baseia-se na instalação de sensores de aceleração (acelerómetros) capazes de registar as vibrações mais significativas sentidas pelos veículos nos quais estão instalados. Estes sensores, ligados a microprocessadores do tipo *Arduino* dotados de receptores GPS que permitem conhecer as coordenadas geográficas do local e com capacidade de registo de dados e comunicação *Bluetooth*, enviam para o telemóvel do condutor do veículo os registos efectuados sempre que este esteja disponível sendo então o telemóvel que, através de uma ligação 3G ou *Wifi*, faz o envio da informação recolhida para um servidor central. Sempre que o veículo esteja em movimento mas o telemóvel que recolhe e reenvia a informação não esteja disponível, o sistema de controle dos sensores de choque regista a informação sobre os impactos sofridos até que seja possível comunicá-los ao telemóvel de recolha. O servidor central, faz a consolidação de todos os registos recolhidos por todos os veículos dotados do sistema *SmartShock* efetuando a gestão continuada dos mesmos.

Ocorrências isoladas, ou seja, ocorrências que não venham a ter confirmação de outros sensores durante um período definido pelo gestor do sistema são automaticamente eliminadas. O servidor possui uma interface com o utilizador que permite a gestão dos pontos assinalados pelos sensores permitindo visualizar automaticamente os pontos rodoviários com maior densidade de ocorrências, selecionar as vias com mais problemas detectados, etc. Esta interface torna possível uma gestão otimizada dos serviços de manutenção das vias permitindo o planeamento adequado das intervenções, maximizando a sua eficiência e possibilitando a detecção atempada de problemas que, quando corrigidos na sua fase inicial, poderão ter uma correção muito menos onerosa.

Os sensores *SmartShock*, de muito baixo custo, podem ser instalados em qualquer viatura automóvel sem qualquer impacto no seu funcionamento. Assim, é possível instalar estes sensores tanto nas frotas dos transportes públicos como em viaturas particulares que podem eventualmente receber como recompensa pela sua instalação estacionamento gratuito ou outro tipo de compensações. A informação automaticamente coletada pelos sensores poderá ser ainda adicionada informação sobre problemas nas vias introduzida por utilizadores

selecionados que terão na aplicação de recolha de dados instalada nos seus telemóveis funcionalidades adicionais que lhes permitirão inserir de uma forma muito simplificada falhas no asfalto ou outras que não sejam detectadas pelos sensores de vibrações da viatura em que se deslocam.

É importante salientar que a ideia deste projeto é a constituição de uma comunidade de veículos que, circulando diariamente nas vias de uma cidade ou município, colem continuamente um grande volume de informação que permita um diagnóstico em tempo real do estado das mesmas.

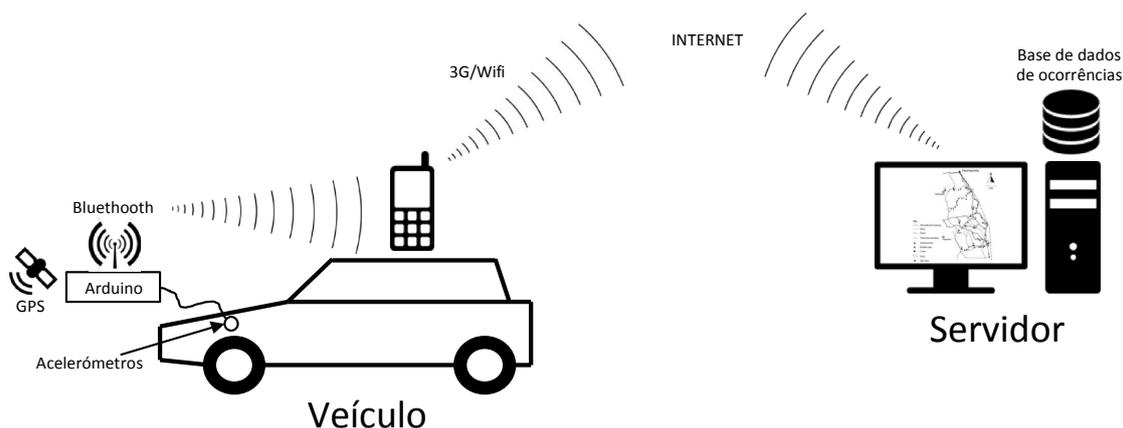


Fig. 1 - Arquitetura geral do sistema *SmartShock*.

A coleta automática de informação colhida pelos sensores *SmartShock* poderá ser ainda complementada por contribuições manuais introduzidas pelos cidadãos no portal respectivo o que permitirá aumentar o sentimento de cidadania de cada um podendo ser implementadas políticas de informação aos municípios sobre o tempo de resolução de problemas detectados, quantidade de problemas resolvidos, etc.

Este sistema permite a optimização da gestão dos serviços de manutenção rodoviários ao permitir a coleta de informação sobre os pontos críticos em tempo real possibilitando tanto a intervenção preventiva (antes dos problemas nas vias se agravarem) como a programação optimizada da sequência de intervenções, minimizando desta forma deslocamentos desnecessários das equipas de manutenção e maximizando o tempo de atividade útil.

O projeto *SmartShock* está em desenvolvimento no Centro de Tecnologias e Sistemas do UNINOVA sob a orientação do Professor José Manuel Fonseca estando em fase de finalização o primeiro protótipo demonstrativo do funcionamento do sistema.

REFERÊNCIAS

- [1]-Kongyang Chen, Mingming Lu, Xiaopeng Fan, Mingming Wei, and Jinwu Wu, “Road condition monitoring using on-board Three-axis Accelerometer and GPS Sensor,” in 2011 6th International ICST Conference on Communications and Networking in China (CHINACOM), 2011, pp. 1032-1037.
- [2]-R. Madli, S. Hebbar, P. Pattar e V. Golla. “Automatic Detection and Notification of Potholes and Humps on Roads to Aid Drivers”. IEEE Sensors Journal, 2015, pp. 4313-4318.
- [3]-A. Kattan e M. F. Aboalmaaly. “A smartphone-cloud application as an aid for street safety inventory”. Em: Proceedings of the 11th International Conference on Electronics, Computer and Computation, ICECCO 2014. 2014.

ARTIGO REF: 7020

DESENVOLVIMENTO DO TERMINAL DE CONTENTORES DO PORTO DA BEIRA: NOVO ACESSO PARA CAMIÕES E EXPANSÃO DA ÁREA DE ARMAZENAGEM

Catarina Garrido, Tenório Mbatsana^(*)

Cornelder de Moçambique, Depart. de Engenharia, Beira, Moçambique.

^(*)*Email:* tenorio.mbatsana@cornelder.co.mz

RESUMO

A Cornelder de Moçambique, SA. (CdM) é concessionária do Porto da Beira desde Outubro de 1998, sendo esta concessão de 25 anos. A CdM gere o terminal de contentores e propósitos múltiplos e o terminal de carga geral, dos cais 2 a 10 (excepto o cais 8, dedicado ao terminal de carvão), concentrando as suas actividades no manuseamento, armazenagem e pesagem de cargas diversas, nacionais e internacionais. Em Janeiro de 2016, iniciou-se com o desenvolvimento de um projecto para a nova entrada de camiões (Projecto CTE), como resposta à necessidade de descongestionar o actual acesso ao Terminal de Contentores e Propósitos Múltiplos do Porto da Beira para contribuir para o aumento da eficiência deste terminal.

Os objectivos deste projecto são: a) melhoria da fluidez do tráfego/redução do congestionamento, b) criação de fluxos e processos lógicos no acesso ao terminal, c) melhoria das infraestruturas, d) redução do tempo de espera no acesso ao terminal, e) melhoria da eficiência do mesmo. Para o desenvolvimento deste projecto tomou-se em consideração o incremento do manuseamento de contentores no Porto da Beira, onde nos últimos 15 anos foi registado um aumento de 84%. A previsão para os próximos 35 anos é que o manuseamento de contentores venha a aumentar em mais 83%, comparado ao cenário actual.

Outro dado relevante foi a capacidade de armazenagem do terminal. Em Novembro de 2015, iniciou um projecto de pavimentação para requalificar uma das áreas do terminal de contentores em área de armazenagem de contentores. Este projecto foi o primeiro a ser desenvolvido no âmbito da expansão e melhoria das infraestruturas do Terminal de Contentores e Propósitos Múltiplos (TC), considerando-se assim a 1ª fase de um Pano Director e o projecto anteriormente citado como 2ª fase.

Para além de aumentar a área de armazenagem actual em 20% este projecto (1ª fase) inclui:

1. A construção de uma rede de drenagem superficial e subterrânea que irá ligar-se aos sistemas existentes no recinto portuário;
2. Um pavimento projectado e construído para esta área com a capacidade de permitir a armazenagem de 5 contentores em altura, contrariamente às restantes áreas do terminal que permitem a armazenagem de até 4 contentores em altura;
3. A instalação de condutas para cabos eléctricos, fibra óptica e CCTV em torno da área em questão.

No desenvolvimento deste projecto foram tomados em consideração diferentes cenários, optando-se, finalmente, pelo cenário que apresentava melhor solução técnica de trabalhos civis e operação, aliado aos custos de execução da obra.

INTRODUÇÃO

O Porto da Beira é um dos principais portos de Moçambique. Localiza-se na Província de Sofala, apresentando uma vantagem logística em relação aos Portos de Durban e Dar-es-Salaam pois está mais próximo do Zimbábue, Zâmbia, Malawi e da República Democrática do Congo (RDC). Este Porto compreende 12 cais, dos quais 7 operados pela Cornelder de Moçambique SA (CdM). A CdM gere os Terminais de Contentores e Propósitos Múltiplos e de Carga geral, do cais 2 a 10 (excepto o cais 8 que está dedicado ao carvão), concentrando as suas actividades no manuseamento, armazenagem e pesagem de cargas diversas, nacionais e internacionais.

Caso de Estudo

O Terminal de Contentores e Propósitos Múltiplos do Porto da Beira apresenta uma área pavimentada de 213.000 m² que compreende uma capacidade mínima de armazenamento de 3.402 TEU's (unidade equivalente a um contentor de 20'') e capacidade máxima de 5.200 TEU's. Desta área total 6% estão dedicados ao armazenamento de contentores frigoríficos. Nos últimos 15 anos foi registado neste terminal um aumento do manuseamento de contentores no Porto da Beira, em aproximadamente 84%. Estudos feitos internamente apontam que nos próximos 35 anos haverá um aumento em mais 83% comparado ao cenário actual. De modo a responder a esta demanda, foi solicitado ao Departamento de Engenharia da Cornelder de Moçambique (CdM) que se realizassem estudos para a melhoria das infraestruturas do terminal.

Neste artigo iremos debruçar-nos sobre os projectos da área de armazenagem (CT-2) e da Nova Entrada para Camiões no Terminal de Contentores e Propósitos Múltiplos(CT-E).

DESENVOLVIMENTO E DEMONSTRAÇÃO DE RESULTADOS

METODOLOGIA

Para a materialização do plano de expansão foram realizados estudos para a melhoria das infraestruturas do terminal. Nesse contexto, a CdM solicitou serviços de consultoria à RH-DHV (Holanda) com quem tem vindo a trabalhar nos últimos anos.

Deste estudo resultou um plano de expansão do terminal a longo prazo (como ilustra a figura abaixo):

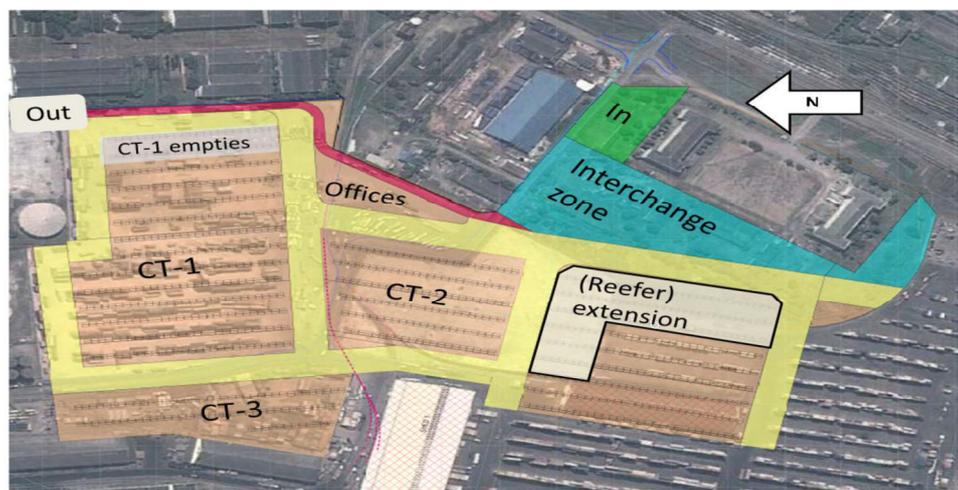


Fig. 1 - Plano de Expansão do Terminal de Contentores do Porto da Beira

PROJECTO CT-2 (1ª Fase)

Entre 2014 e 2015 elaborou-se o projecto da expansão do terminal de contentores em 24.000 m², o que significa um incremento de 20% da capacidade actual. Este projecto constituiu a 1ª fase do plano de expansão, o qual após a sua conclusão permitirá a transitabilidade entre esta e as áreas já existentes no terminal sendo que, "a posteriori" também irá permitir a transição entre a 2ª fase (Projecto da Nova Entrada - CT-E) e o acesso às restantes áreas do Terminal de Contentores e Propósitos Múltiplos. Em Novembro de 2015, iniciaram as obras deste projecto que compreenderam as seguintes fases:

- Escavação;
- Aterro com uma camada de areia de 900mm de espessura;
- Construção de 213m de uma galeria em betão (2.00m x 1.80m);
- Construção de elementos de drenagem superficial e subterrânea;
- Instalação de condutas que irão permitir a distribuição da rede de cabos eléctricos e de dados;
- Colocação de uma camada de 150mm em pedra britada;
- Execução de uma camada de 540mm em solo-cimento;
- Colocação do revestimento em blocos de pavê de 120mm de espessura e resistência mínima de 40 Mpa, por unidade.

A solução para o pavimento acima citada, foi concebida pelo projectista, considerando a utilização do espaço em condições de serviço. Essa solução tomou em conta as solicitações dos equipamentos de manuseamento existentes no terminal e os que futuramente poderão ser adquiridos, bem como as solicitações esperadas pelo armazenamento de contentores e durante o seu manuseamento assim que a área estiver operacional.

Importa referir que a área em questão foi projectada para acomodar no máximo 7.385 TEU's (5 contentores em altura), contrariamente as áreas existentes no terminal de contentores que acomodam até 4 contentores em altura.

O cronograma inicial era de 4 meses e não incluía a construção de uma galeria nova pois, não se conhecia o estado técnico da galeria existente e com várias dezenas de anos de vida e para tal foi preciso fazer a escavação para a inspecção e avaliação. Após a inclusão da construção da galeria e outros elementos, este projecto viu o seu prazo estendido para 18 meses.



Fig. 2 e Fig. 3 - Aterro com uma camada de areia de 900mm de espessura



Fig. 4 e Fig. 5 - Construção de elementos de drenagem superficial e subterrânea



Fig. 6 - Instalação de condutas que irão permitir a distribuição da rede de cabos eléctricos e de dados



Fig. 7 e Fig. 8 - Colocação de uma camada de 150mm em pedra britada



Fig. 9 e Fig. 10 - Execução de uma camada de 540mm em solo-cimento



Fig. 11 e Fig. 12 - Colocação do revestimento em blocos de pavê

PROJECTO CT-E (2ª Fase)

Em Janeiro de 2016 iniciou-se com o desenvolvimento da segunda fase do plano de expansão do Terminal de Contentores e Propósitos Múltiplos, com o Projecto do Acesso de Camiões ao Terminal de Contentores e Propósitos Múltiplos.

Os objectivos principais deste projecto são:

- melhoria da fluidez do tráfego/redução do congestionamento;
- criação de fluxos e processos lógicos no acesso ao terminal;
- melhoria das infraestruturas e eficiência do mesmo;
- redução do tempo de espera no acesso ao terminal.

Metodologia

- Recolha de dados dos últimos 3 anos acerca do movimento de camiões no terminal (total de camiões por dia, mês e ano);
- Entrevistas aos operadores do Terminal, de modo a conhecer melhor o processo de interacção com os motoristas dos camiões e suas necessidades;
- Recolha de dados referentes à operação diária, mensal e anual do terminal;
- Elaboração de projecções a longo prazo de manuseamento e armazenamento de contentores para o terminal, tendo em conta a aquisição futura de novos equipamentos;
- Cálculo do número de faixas de acesso para camiões no terminal considerando todos os possíveis cenários, todos os aspectos referenciados e devidas projecções.

Descrição

Para a realização deste projecto foram considerados os seguintes pontos de partida:

- Plano de expansão do Terminal de Contentores e Propósitos Múltiplos (TC) elaborado em Outubro de 2014 pela RH-DHV (Holanda);
- Funcionamento do parque de triagem da Munhava, projecto concebido e desenvolvido pelos CFM;
- Decisão da construção da nova entrada de camiões na parte norte da “área da Pousada” em 2 fases:
 1. Fase atual com base na vazão atual, projecções de tráfego no acesso para os próximos 5 anos e investimentos mínimos;
 2. Situação final baseada na capacidade futura máxima do TC / Cais 2-5.
- O projecto será desenvolvido para ambas fases;
- Esta nova entrada servirá apenas como uma área de entrada sem espaço de estacionamento; os motoristas de camião não precisarão sair dos seus veículos;
- A actual via de acesso existente no TC permanecerá em funcionamento para aceder às Instalações dos Bombeiros dos CFM, e será exclusivo para carros ligeiros e funcionará ainda como portão de emergência;
- Não será permitida a entrada a qualquer veículo pessoal e ligeiro pelo novo acesso;
- Capacidade teórica de armazenagem do terminal (100%): 9.476 Contentores de 20”
- Capacidade prática de armazenagem do terminal (70%) 6.633 Contentores de 20”
- Foram analisados os seguintes dados sobre o terminal:
 - 2012 - 170.600 TEU’s manuseados com 2 Guindaste Porta-Contentores - Ansaldo (capacidade: 40ton/cada; produtividade: 10movimentos/hora/cada)
 - 2015 - 211.000 TEU’s manuseados com 2 Guindaste Porta-Contentores - Ansaldo e 2 Guindaste Porta-Contentores - Kone (capacidade: 40 ton/cada e 60ton/em conjunto; produtividade: 35 movimentos/hora/cada) ~ MAX: 400.000 - 500.000 TEU’s/ano;
 - Max Cais 2-5 → 6/7 Guindaste Porta-Contentores ~ 750.000 - 1.000.000 TEU’s/ano

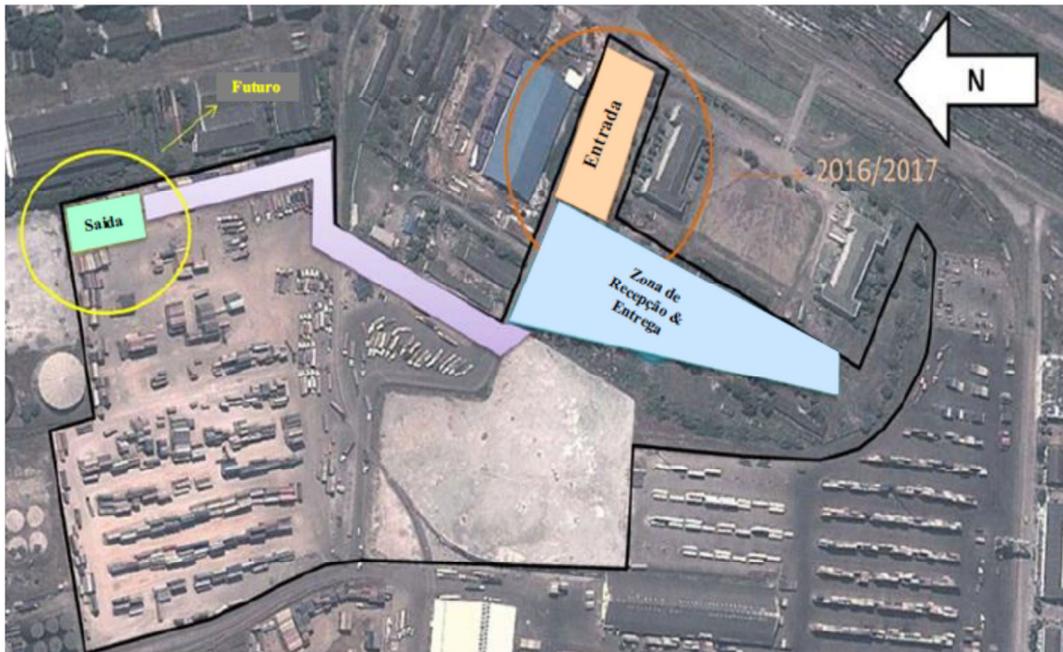


Fig. 13 - Plano de expansão do Terminal de Contentores - Outubro 2014

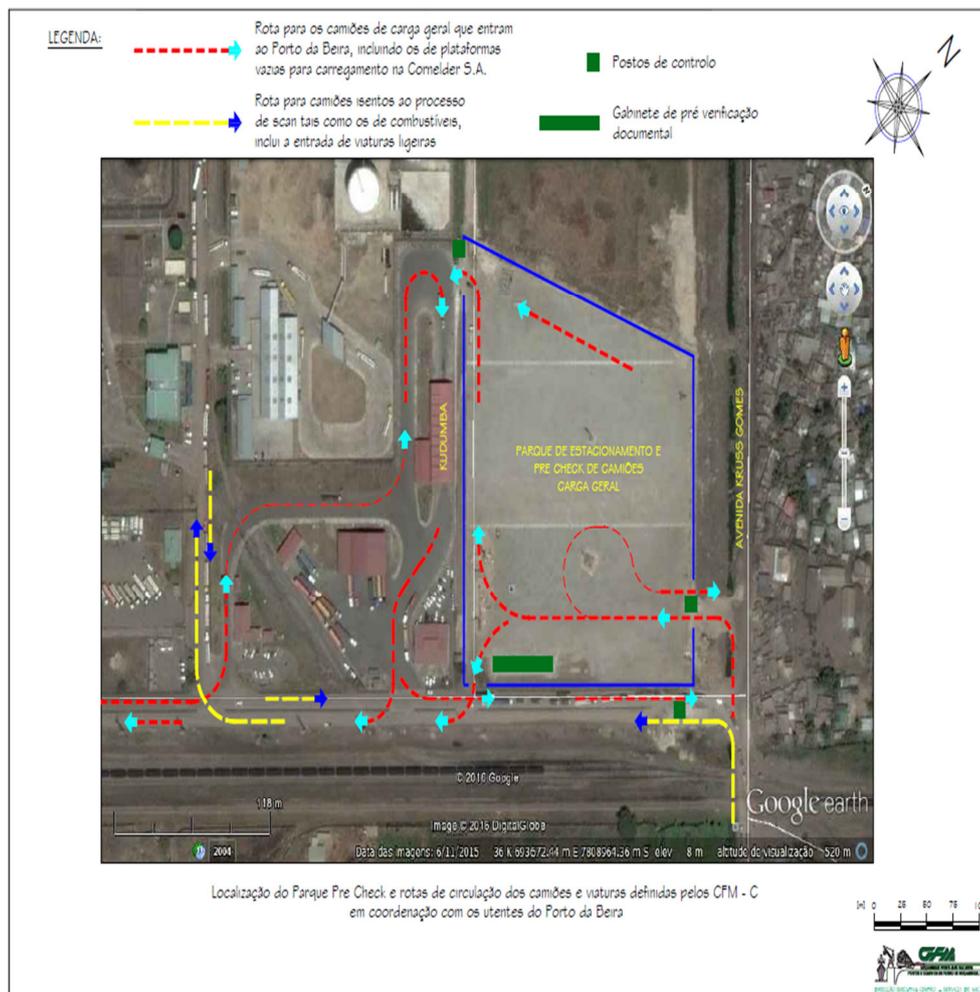


Fig. 14 - Fluxo de camiões no Parque de Triagem da Munhava

Para atender os utilizadores do terminal, montou-se um novo fluxo de entrada para os camiões no Terminal de Contentores:

Pormenores do fluxo no Parque da Munhava TC + TCG

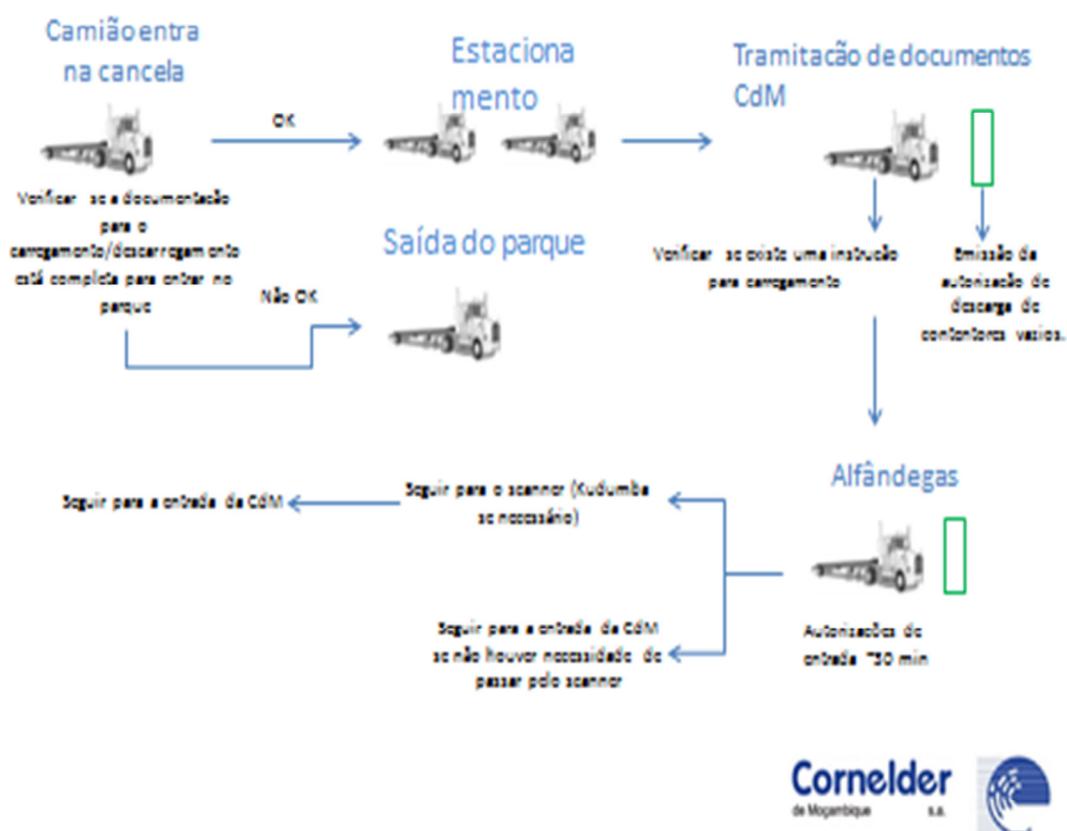


Fig. 15 - Pormenor do fluxo de camiões no Parque de Triagem da Munhava

Pormenor de fluxo na Entrada ao Terminal de Contentores da CdM

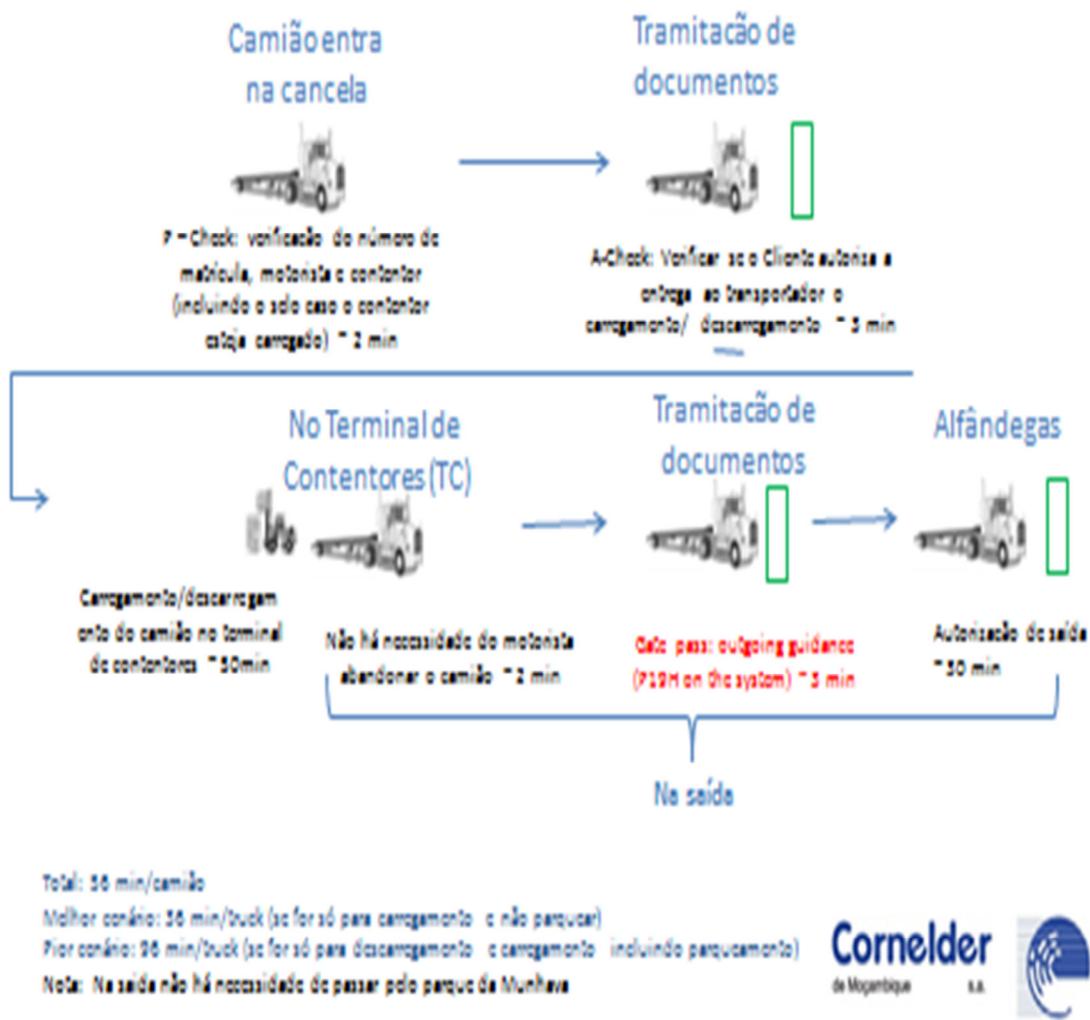
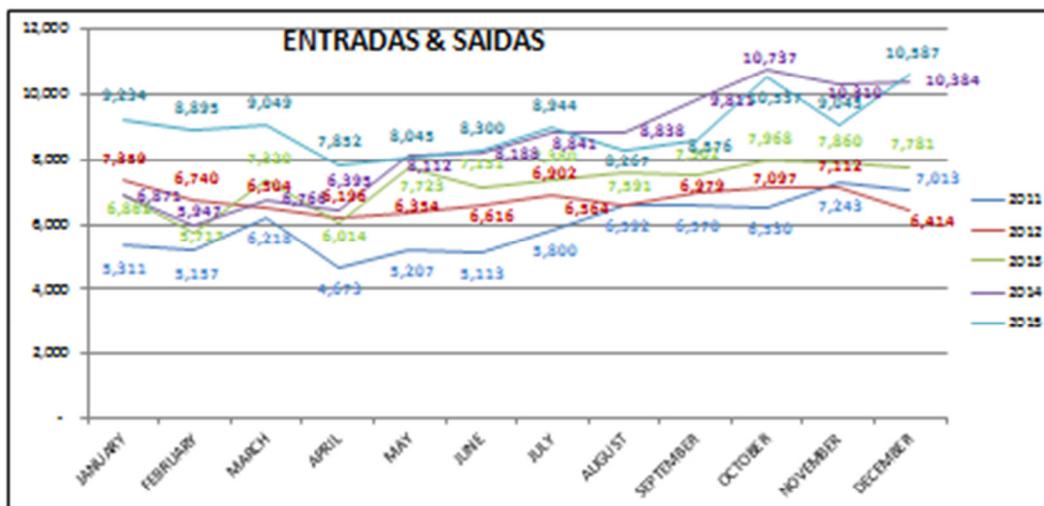


Fig. 16 - Pormenor do fluxo de camiões na entrada do Terminal de Contentores da CdM

TOTAL DE CAMIÕES NO TC/MÊS

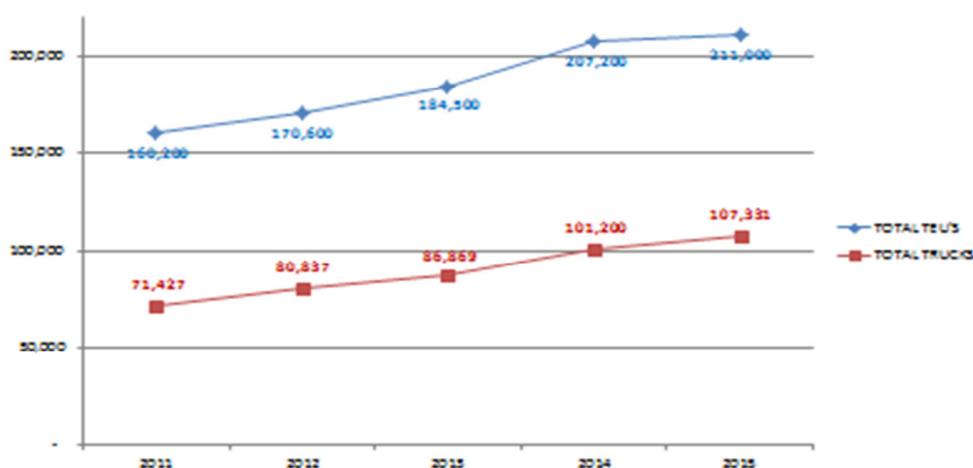


Anos	Aumento
2011-2012	13,17%
2012-2013	7,46%
2013-2014	16,50%
2014-2015	6%
Média	10,80%



Fig. 17 - Total de camiões no Terminal de Contentores/mês

TOTAL DE CAMIÕES VS. TOTAL DE TEU'S/ANO



2011-2015: 50% mais camiões
2011-2015: 32% mais TEU's



Fig. 18 - Total de camiões VS Total de TEU's/Ano

Média de camiões no Terminal de Contentores (entrada&saida) 2011-2015

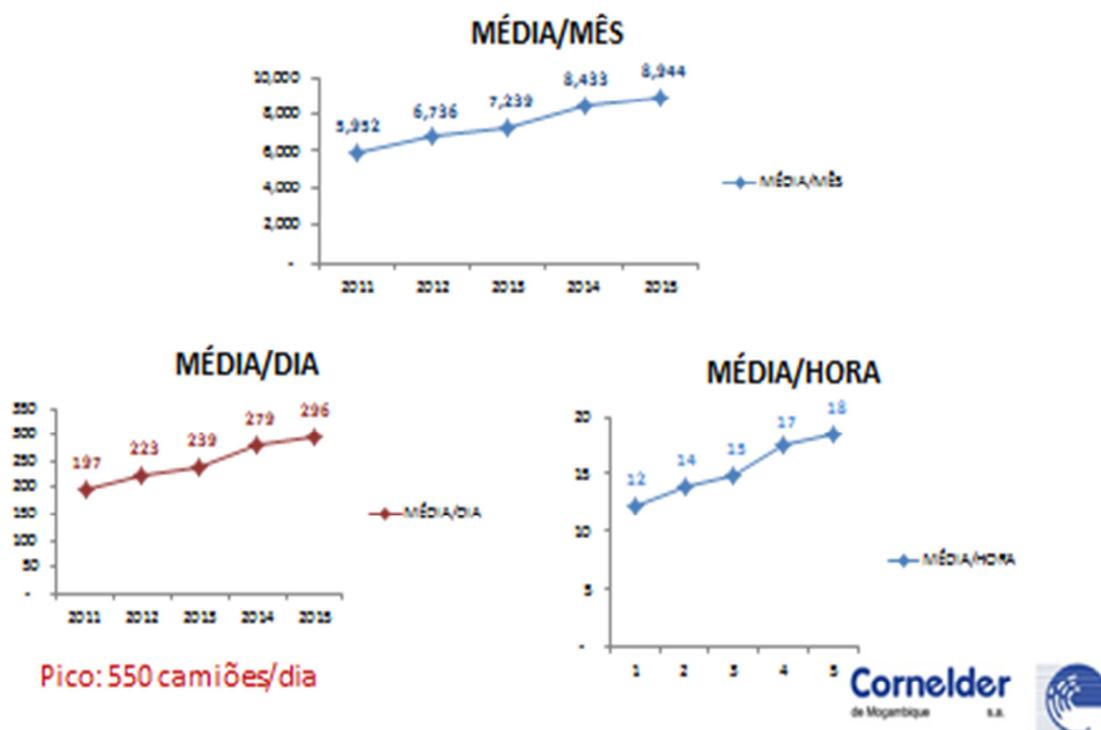


Fig. 19 - Média de camiões no Terminal de Contentores (entrada & saída)

Considerando que na nova área de expansão de armazenagem do terminal metade da área será para arruamentos e a outra metade será para armazenagem de contentores, teremos o seguinte incremento no futuro:

- Actualmente: 40.045,40 m² - 6.633,20 contentores - 15 camiões/h
- Expansão: 43.000,00 m² - 7.122,61 contentores - 16 camiões/h
- Total Futuro: 83.045,40 m² - 13.755,81 contentores - 31 camiões/h

RESULTADOS

Os cálculos feitos conduziram aos seguintes resultados:

Tabela 1 - Fluxo de camiões no portão de entrada do Terminal de Contentores

Cálculo do fluxo de camiões no portão de entrada do Terminal de Contentores					
Fluxo de camiões no portão de entrada	Unidade	2015	Fase 1	Fase 2	Observações
Através do portão de entrada de camiões TEU	TEU	104,445	245,000	380,000	Com base no cálculo dos fluxos do terminal
Factor TEU	(-)	1.3	1.3	1.3	Assumpção: Camiões a transportar um contentor no máx. (TEU ou FEU)
Camiões carregados através do portão de entrada TEU	#Camiões	80,342	188,462	292,308	Total TEU através do portão/ Factor TEU
Recarga de camiões	%	70%	70%	70%	Camiões que carregam contentores novamente no terminal
Total de camiões através do portão de entrada	#Camiões	104,445	245,000	380,000	
Camiões a recarregar	#Camiões	56,240	131,923	204,615	Contentores de importação + exportação
Camiões sem recarregamento	#Camiões	24,103	56,538	87,692	Somente trazem contentores para exportação
Camiões vazios	#Camiões	24,103	56,538	87,692	Somente levam contentores para importação

Tabela 2 - Número necessário de faixas para camiões na entrada do Terminal de Contentores

Cálculo do número necessário de faixas para camiões					
	Unidade	2015	Fase 1	Fase 2	Observações
Número de camiões	Camiões/ano	104,445	245,000	380,000	
Pico mensal	%	10%	10	10	
Camiões no mês de pico	Camiões/Mês	10,445	24,500	38	
Factor pico diário	(-)	1.3	1.3	1.3	
Camiões em dia de pico no mês de pico	Camiões/Dia	453	1,062	1,647	
Factor pico horário	%	10	10	10	Factor relativamente baixo aceitando tempos de espera nos momentos de maior tráfego
Camiões na hora de ponta	Camões/Hora	45	106	165	
Tempo de processamento de camiões	Minutos/Camiões	3	3	3	
Capacidade de um único portão	Camiões/Hora	20	20	20	
Número necessário de faixas do portão	(-)	2.3	5.3	8.2	Camiões na hora de ponta/ capacidade do portão
Proposta de número de faixas do portão	(-)		5+1	8+1	(+1) Representa uma faixa maior para carga fora de escala

- Numa primeira fase, o Projecto do Novo Acesso ao Terminal de Contentores e Propósitos Múltiplos compreenderá 5 faixas novas de entrada para camiões, o que permite melhorar a fluidez de tráfego na entrada do terminal, podendo atender até 750.000 TEU's/ano (figura 20);
- Numa segunda fase, este projecto compreenderá o acréscimo de 2 faixas para atender à capacidade máxima dos cais: 1.000.000 TEU'S/ano.

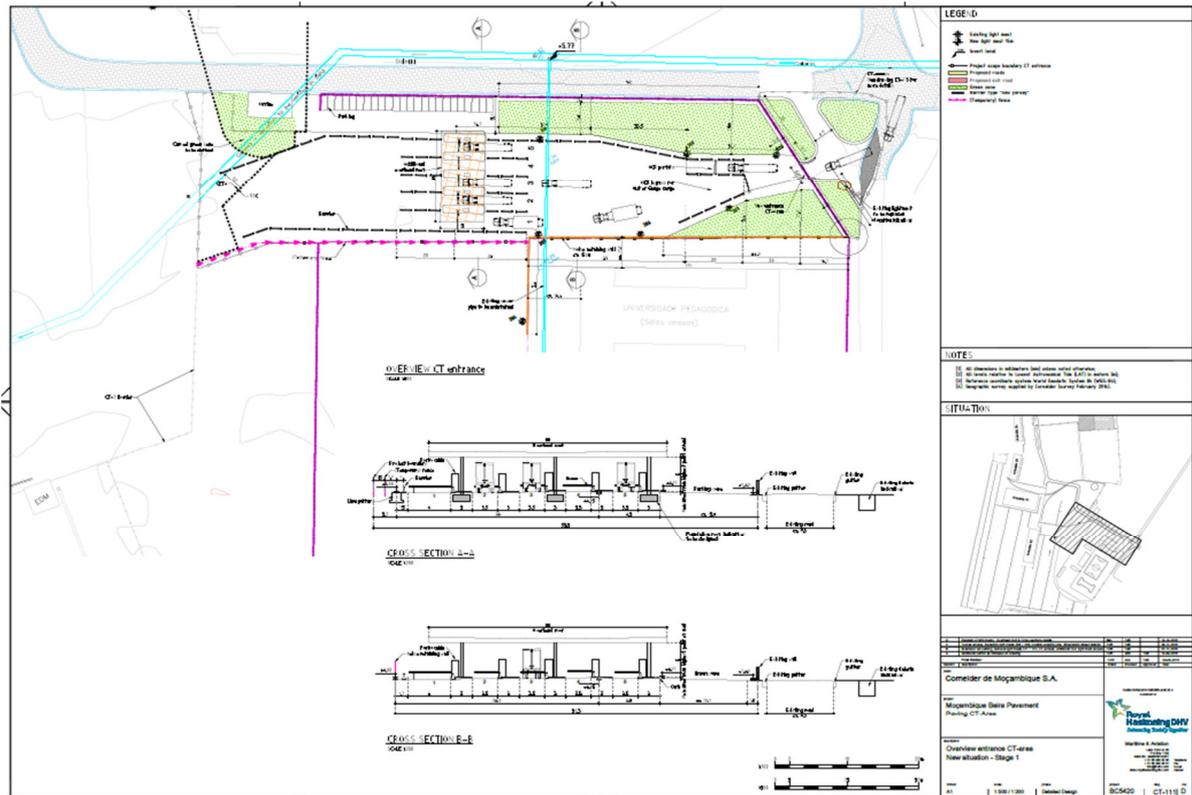


Fig. 20 - 1ª Fase

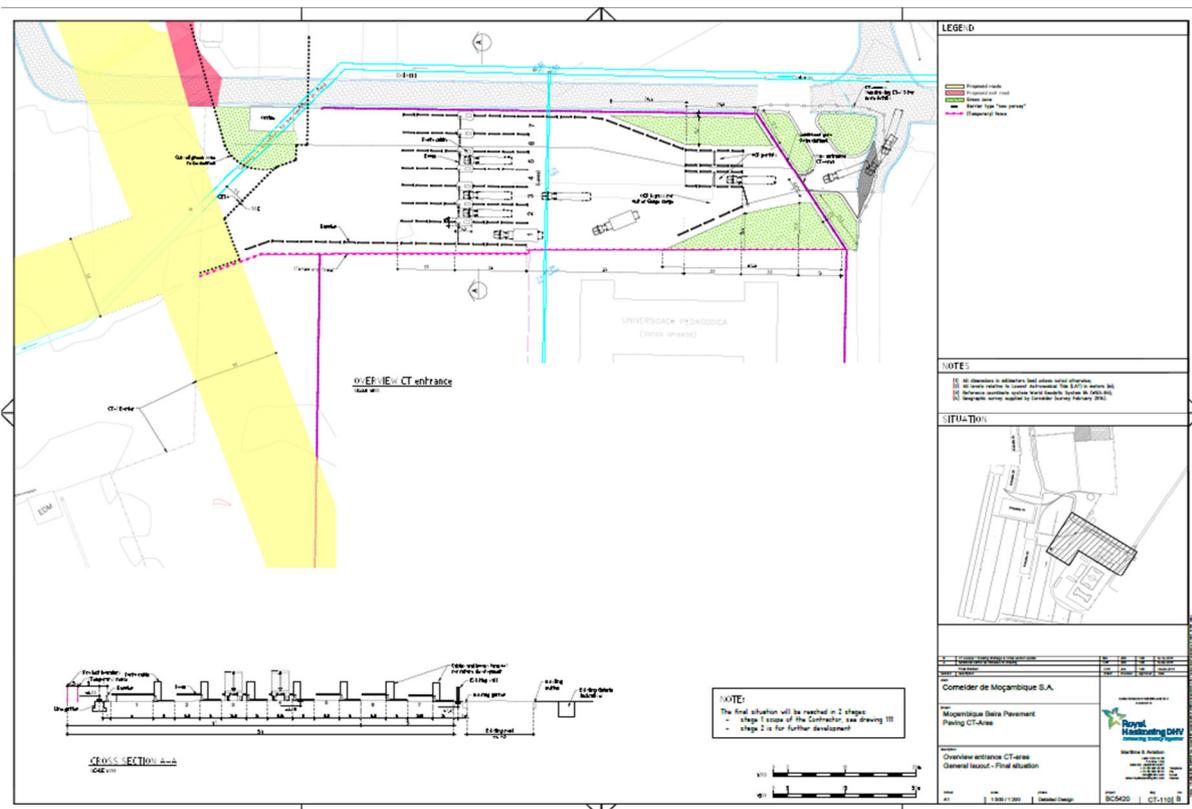


Fig. 21 - 2ª Fase

A primeira fase da obra já se encontra em execução e teve o seu início em Novembro de 2016, estimando-se estar concluída em Agosto de 2017.

O projecto de construção compreende:

- Escavação dos solos;
- Aterro com uma camada de areia de 500mm de espessura;
- Construção de elementos de drenagem superficial e subterrânea;
- Instalação de condutas que irão receber futuras ligações de cabos eléctricos e de dados para as torres de iluminação, alpendre e cabines de atendimento;
- Execução de uma camada de 300mm em solo-cimento;
- Colocação do revestimento em blocos de pavê de 120mm de espessura e resistência mínima de 40 Mpa, por unidade;
- Montagem de 8 torres de iluminação para a área em questão.

De um modo geral as características geotécnicas dos solos na cidade da Beira não são favoráveis à construção de infraestruturas, o que implica grandes movimentos de terra e a adopção de soluções que acabam por encarecer o custo da obra.

A solução proposta para o pavimento ao longo da área da nova entrada foi concebida considerando as solicitações de veículos pesados que irão aceder ao terminal. Nota-se que o pavimento a ser construído neste projecto (CT-E) é de diferente estrutura, comparado ao projecto CT-2, visto que no CT-2 o mesmo irá acomodar a área de armazenagem e os equipamentos de manuseamento de contentores que são de grande porte.

Este projecto é também um desafio no âmbito das tecnologias de informação e comunicação (TIC's), atendendo a necessidade de prover um sistema integrado e eficiente às cabines de atendimento. Em relação a esse aspecto o Departamento de Tecnologias de Informação e Comunicação (ICT) da Cornelder de Moçambique já começou a estudar soluções para o efeito.



Fig. 22 - Escavação dos solos



Fig. 23 - Escavação para construção de elementos de drenagem superficial



Fig. 24 - Aterro com uma camada de areia de 500mm de espessura e compactação dos solos

Havendo meios tecnológicos disponíveis, espera-se que se consiga alcançar os altos níveis de eficiência e reduzir o tempo de espera durante o acesso ao Terminal de Contentores e Propósitos Múltiplos.

Aliado ao projecto inicial foi acrescentado o seguinte:

- “Estudo de impacto de ruído para o projecto da nova entrada de camiões no Terminal de Contentores e Propósitos Múltiplos operado pela Cornelder”;
- Construção de um alpendre para cobrir as cabines de atendimento aos motoristas;

- Requalificação de um edifício onde funcionará o escritório para a Supervisão da nova entrada que será operado pelo Terminal de Contentores e Propósitos Múltiplos.



Fig. 25 - Pormenor em 3D do alpendre para as cabines de atendimento



Fig. 26 - Pormenor em 3D do alpendre para as cabines de atendimento

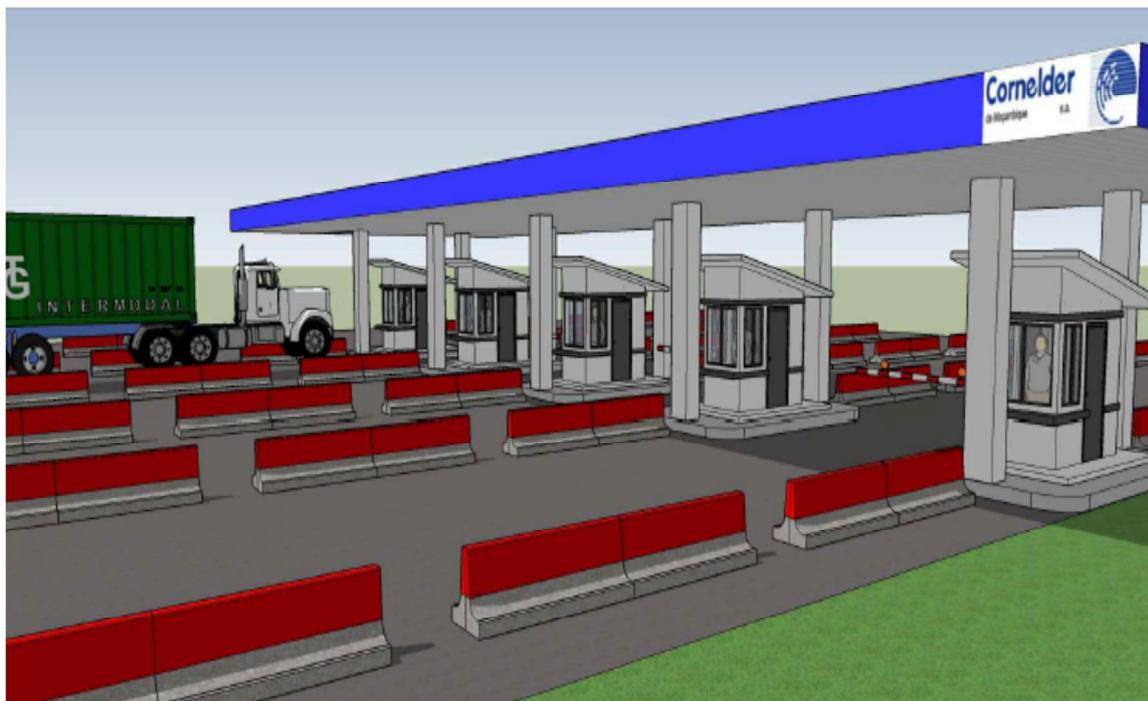


Fig. 27 - Pormenor em 3D do alpendre para as cabines de atendimento

O estudo de impacto de ruído resultou nas seguintes recomendações:

- Construção de um muro que servirá como uma barreira acústica com a extensão de 145m e 3.50m de altura, com revestimento em painel do tipo Acústica Integral ACUSTIMODUL-80^a;
- Aplicação de medidas de redução do ruído no 2º andar do edifício da Pousada dos CFM, através da substituição de janelas e caixilharias por elementos de maior eficácia acústica;
- Colocação de painéis de redução de ruído no interior das cabines de atendimento aos motoristas;
- Na face interior da cobertura do alpendre acima referenciados serão colocados painéis de redução de ruído, horizontalmente, entre 20cm a 40cm, para melhorar os níveis de absorção do ruído, proporcionando assim melhor comodidade aos usuários das cabines.

CONCLUSÕES

Com a materialização dos projectos da área de armazenamento de contentores (CT-2) e o da Nova Entrada (CT-E) será possível conferir maior espaço para acondicionamento de carga contentorizada, otimizar o atendimento dos usuários do terminal e melhor controlar o fluxo de camiões que acedem ao Terminal de Contentores e Propósitos Múltiplos. Os estudos efectuados permitiram que, com base nas informações existentes, soluções óptimas fossem adoptadas de modo a satisfazer as necessidades logísticas actuais, sem deixar de contar com as projecções futuras a médio e longo prazo.

Até o momento avançou-se com os projectos de construção das 1ª e 2ª fases e aguarda-se pela conclusão dos projectos CT2 e CTE para avaliar-se a sua implementação em condições de serviço. Não obstante, com a melhoria das infraestruturas, os indicadores apontam para um crescimento considerável dos volumes de carga e tráfego que acederá ao Porto da Beira, especificamente ao Terminal de Contentores e Propósitos Múltiplos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Cornelder de Moçambique pela oportunidade e incentivo em participar neste Congresso que é de grande importância na área de Engenharia.

REFERÊNCIAS

- [1]-Garrido, Catarina. Proposal for the new entry and new routing to the container terminal. Beira, 2016.
- [2]-RHDHV. Pavement extension Container Terminal - Detailed Design Report. July 2015.
- [3]-RHDHV. Basis of Design Container Terminal Entrance Beira Port. May 2016.
- [4]-CONSULTEC. Estudo de impacto de ruído para o projecto da nova entrada de camiões no terminal de contentores operado pela Cornelder. Maputo. Março 2017.

PROCEEDINGS

CLME2017 / V CEM

8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia
V Congresso de Engenharia de Moçambique
Maputo (Moçambique), 4-8 Setembro 2017

PAINEL-III

CONSTRUÇÃO E REABILITAÇÃO URBANA

Mesa do Painel

Carlos B. Martinho (Ministro O. Públicas, Habitação e Recursos Hídricos, Moçambique)
Daniel Baloi (Professor da FEUEM, Universidade E. Mondlane Moçambique) - Moderador
David Simango (Presidente do Município de Maputo, Moçambique)
Manuel Reis Campos (Presidente da AICCOPN/CPCI, Portugal)
Miguel Amado (Professor do IST/U.Lisboa, Portugal)

ARTIGO REF: 6670

AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA ESTRUTURAL E REFORÇO DE UM EDIFÍCIO DE 11 PISOS EM ESTRUTURA DE LAJES FUNGIFORMES MACIÇAS

Fulgêncio Nhumaio^(*), Henrique Filimone, Américo Dimande

LEM-Laboratório de Engenharia de Moçambique, Maputo, Moçambique

^(*) *Email:* fulgencio.nhumaio@lem.co.mz

RESUMO

As lajes fungiformes constituem actualmente uma solução estrutural e arquitectónica competitiva na concepção de pavimentos de edifícios, pelas suas inúmeras vantagens. Estas prendem-se fundamentalmente com a flexibilidade de organização dos espaços, rapidez de execução, associada à tecnologia utilizada na sua construção e que conduzem a que esta solução seja muitas vezes utilizada, em particular, em edifícios de média e grande dimensão.

A maior susceptibilidade às deformações das lajes fungiformes maciças, aliada a inobservância das regras da boa construção, tem propiciado o surgimento precoce de anomalias estruturais caracterizadas por fissuração relacionada à deformação excessiva destas lajes. Na fase de construção é corrente cometerem-se erros resultantes do desrespeito das especificações do projecto que podem conduzir, numa fase precoce da vida dos edifícios, ao surgimento de fissuras com orientação bem definidas (fendas de flexão, corte e punçoamento).

A presente comunicação apresenta os resultados da inspecção e da avaliação da integridade estrutural de um edifício misto de 11 pisos, sito na Av. 24 de Julho, Cidade de Maputo, executado com a solução de lajes fungiformes maciças. A construção do edifício iniciou-se em 2007, tendo sido interrompida em 2012. Nessa altura os elementos estruturais já tinham sido construídos na totalidade. Durante a concepção e construção da obra cometeram-se erros que resultaram num conjunto de anomalias estruturais e a não satisfação aos requisitos regulamentares nomeadamente a solidez, resistência, o aspecto e a durabilidade. Foi realizado o levantamento geométrico da estrutura, conduzidos ensaios de diagnóstico [LEM-32.719, 2014] e elaborado um modelo numérico tridimensional do edifício que permitiu caracterizar o comportamento estrutural e efectuar a análise da segurança da obra nas condições em que se encontrava [Nhumaio, 2015]. Da investigação conduzida verificaram-se entre outros aspectos as seguintes anomalias:

- a) *Anomalias ao nível do projecto:* (i) incorrecto levantamento topográfico; (ii) incongruência entre o projecto e o executado no terreno, no que respeita a arquitectura, dimensões e localização dos elementos estruturais; (iii) consideração de sobrecargas inferiores às que a utilização das lajes impõe; (iv) fraca pormenorização das armaduras das lajes e pouco clara, dificultando a sua interpretação para efeitos de execução; (v) ausência de pormenorização de escadas, fundações e paredes de caixas de elevadores.
- b) *Anomalias ao nível da execução:* (i) falta de verticalidade do muro da cave de betão armado em determinadas zonas; (ii) pilares desaprumados; (iii) erro de localização de um pilar circular na cave e no rés-de-chão e substituição por um pilar em perfil metálico, este erro deu origem a deformação excessiva dos pisos; (iv) aumento brusco da secção de um pilar na transição entre o Rés-do-Chão e os pisos elevados.

A Figura 1 ilustra a anomalia derivada de erro de localização de um pilar, as patologias resultantes e o modelo de análise do comportamento estrutural.

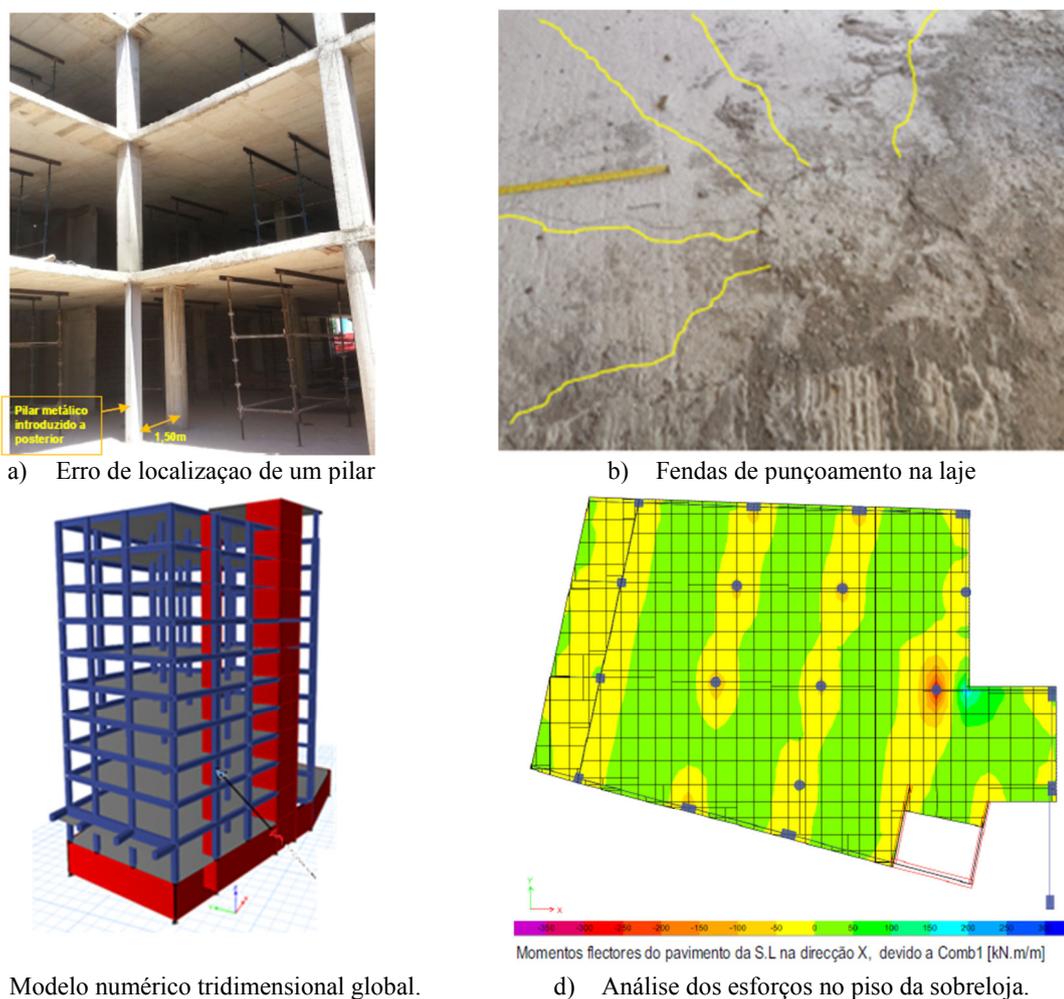


Fig. 1 - Anomalias observadas no edifício e modelo numérico de elementos finitos.

O trabalho debruça-se ainda sobre as propostas de reforço apresentadas com vista à melhoria do desempenho estrutural do edifício às acções de serviço e garantia da sua durabilidade. Para o efeito foram propostas as seguintes principais acções correctivas: i) adição de uma camada de betão de 5cm na face superior de todas as lajes dos pisos; ii) adição de uma camada de betão com 20cm de espessura no piso da cave; iii) introdução de paredes de betão armado e de vigas de bordadura; iv) reforço por encamisamento de pilares.

REFERÊNCIAS

- [1]-LEM-32.719, Laboratório de Engenharia de Moçambique, Relatório da visita de inspecção e peritagem estrutural ao edifício misto, localizado na Av. 24 de Julho nº 268, Cidade de Maputo, 2014.
- [2]-Nhumaió, F., Inspeção e Avaliação da Segurança Estrutural de um Edifício de Lajes Fungiformes, Trabalho de Licenciatura, Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Engenharia, 2015.

ARTIGO REF: 6694

AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA ESTRUTURAL DE UM EDIFÍCIO MISTO EM CONSTRUÇÃO

Fulgêncio Nhumaio^(*), Henrique Filimone, Américo Dimande

LEM-Laboratório de Engenharia de Moçambique, Maputo, Moçambique

^(*) Email: fulgencio.nhumaio@lem.co.mz

RESUMO

Numa altura em que a tecnologia de construção está muito avançada e o conhecimento dos materiais e seu comportamento consolidado, cada vez mais nos deparamos com a degradação precoce de edifícios e por vezes os problemas surgem ainda na fase de construção. A avaliação da segurança estrutural é fundamentada em requisitos, critérios e métodos de avaliação que permitem constatar se o edifício e seus componentes obedecem às condições exigidas sem atingir o estado limite de utilização ou estado limite último.

A presente comunicação tem por objectivo apresentar um conjunto sistematizado de procedimentos de inspecção e diagnóstico de edifícios em construção habitualmente seguida pelo Laboratório de Engenharia de Moçambique (LEM) perante situações concretas. São abordados os resultados da avaliação da segurança estrutural a um edifício misto de 4 pisos em construção na cidade de Maxixe [LEM-Nr.32.958, 2015]. Para a avaliação da segurança estrutural do edifício em causa foi realizada uma inspecção prévia do local, complementada com ensaios in-situ para efectuar a caracterização estrutural e sustentar o diagnóstico do seu estado actual. São apresentados os resultados obtidos de ensaios de diagnóstico estrutural através de técnicas não-destrutivas, assim como os resultados do levantamento das anomalias estruturais e patologias observadas e os resultados da avaliação do comportamento estrutural do edifício com base num modelo numérico desenvolvido para o efeito. As principais anomalias estruturais observadas incluem: i) espessuras insuficientes de lajes; ii) recobrimento insuficiente de armaduras em lajes, vigas e pilares; iii) betões de diferentes qualidades e resistências em vigas, lajes e pilares; iv) rotura de um pilar; v) deformação excessiva dos painéis de lajes; vi) fissuras estruturais em pilares e lajes.



Vista geral do edifício



Fissura no alinhamento do apoio da laje

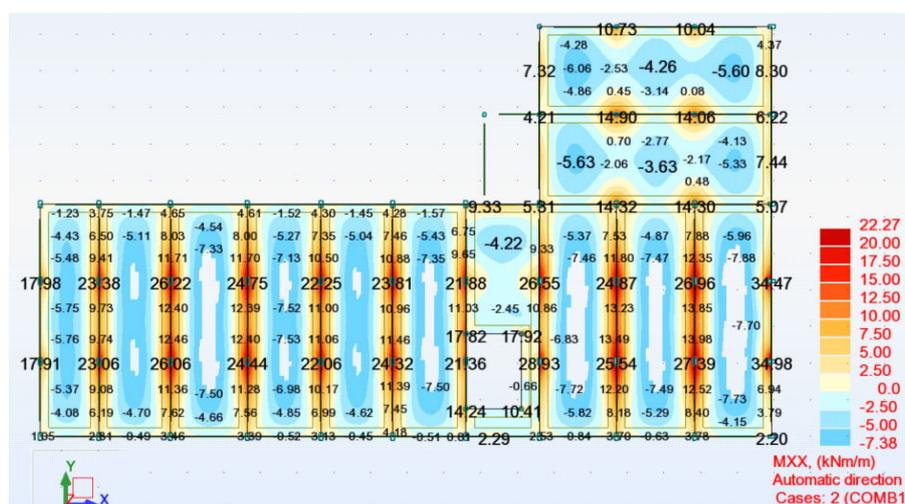
Fig. 1 - Anomalias observadas em obra.



Deformação visível na laje do piso do terraço.



Fissuração nas lajes vista pela face inferior.



Mapa de cores dos momentos flectores M_{xx} na laje do piso do terraço.

Fig. 2 - Anomalias observadas em obra e resultados do modelo numérico.

A análise dos resultados do modelo numérico e a verificação dos requisitos regulamentares permitiu concluir que não foram respeitados os requisitos mínimos de resistência, deformação e aspecto de qualidade no projecto e execução da obra.

Este trabalho apresenta os procedimentos sistematizados que o Laboratório de Engenharia de Moçambique tem vindo a abordar na resolução dos problemas de inspecção e diagnóstico de obras colocados pela indústria da construção. No caso concreto da obra em estudo, perante as constatações feitas foram desaconselhadas quaisquer acções com vista ao reforço estrutural do edifício, tendo-se recomendado a sua demolição.

REFERÊNCIAS

- [1]-LEM- Relatório técnico n. 32.958. Avaliação da segurança estrutural da obra de um edifício misto, localizada na Av. Ngungunhane- Cidade da Maxixe, (2015).
- [2]-REBAP - Regulamento de estruturas de Betão Armado e Pré- Esforçado. Decreto de lei n. 349-C/83 de 30 de julho. Porto Editora. Porto, (1983).
- [3]-RSA. Regulamento de segurança e acções para estruturas de edifícios e pontes. Decreto de lei n. 235/83 de 31 de Maio. Porto Editora. Porto, (1983).

ARTIGO REF: 6698

KATEMBE - UMA NOVA CENTRALIDADE DA CIDADE DE MAPUTO

Tiago Mendonça^{1(*)}, Mafalda Monteiro²

¹MZ BETAR Engenheiros e Consultores Lda, Director Técnico e CEO, Maputo, Moçambique

²BETAR Consultores Lda. Eng^a civil - Lisboa, Portugal

(*)*Email*: consultores@betar.pt

RESUMO

O presente artigo refere-se ao Plano de Urbanização do Distrito Municipal KaTembe, que pertence ao Município de Maputo e está localizado na margem Sul do Estuário do Espírito Santo. Esta região encontra-se fracamente povoada em grande parte devido à ausência de infra-estruturas viárias e à dificuldade de acesso. Mas a construção da ponte Maputo/KaTembe, cuja travessia havia sido ponderada desde o Regime Colonial, e que se encontra finalmente em execução, irá alavancar o desenvolvimento da região Sul da Província de Maputo até à África do Sul e, em particular, permitirá a expansão da capital para Sul.

Maputo, como muitas cidades em África e no mundo, foi pensada e planeada para acomodar uma população em número inferior àquela que actualmente nela reside e trabalha. No caso de Moçambique, o êxodo da população rural para as cidades procurando melhores condições de vida, segurança alimentar, estabilidade, fuga à guerra e a calamidades, etc, agravou esta situação. De acordo com os censos de 2007, habitam cerca de 1 milhão de pessoas, que estão estabelecidas na zona formal, mas o total ascende rapidamente a 2 milhões ao considerar-se os subúrbios, por sua vez realizados em extensos bairros informais e que asfixiam a expansão da cidade a Norte. As previsões de crescimento demográfico, que antecipam a duplicação da população actual em 30 anos, e as previsões de crescimento económico, revistas periodicamente pelo FMI no seu Programa de apoio PSI e que se lhe presume continuidade, antecipam que a habitação será um problema emergente a curto prazo. Assim, a região Sul da KaTembe torna-se uma escolha lógica e adquire uma importância fundamental para rapidamente solucionar esta dificuldade.

A nova ponte terá um nível de serviço com condições ímpares de segurança, de comodidade e de rapidez de acesso e que o actual sistema de transporte através de ferry não permite fornecer, seja pela limitação física de utentes seja por avarias e interrupções frequentes do serviço prestado. O novo acesso rodoviário permite desta forma estabelecer na KaTembe além de um núcleo habitacional um centro de negócios, de logística, de comércio, de indústria e, ainda, um pólo de turismo, com a supremacia da sua localização ao lado do aeroporto e do porto internacional.

O Plano Geral de Urbanização do Distrito Municipal KaTembe (PGUDMK) surgiu para dar resposta à necessidade de ordenamento do território e para promover a reabilitação e o desenvolvimento urbano de uma forma inclusiva e sustentável, numa extensa região de 4050 ha urbanizáveis mas que apresentam ainda hoje um nível de infra-estruturação residual, sem vias urbanas estruturantes, sem serviços municipalizados, sem sistemas de abastecimento de água, de drenagem pluvial, de esgotos, de energia, de telecomunicações, etc.

O Plano foi desenvolvido para ser implementado num horizonte de 30 anos e para uma população objectivo de 400.000 habitantes. Este Plano e dois dos seus Planos de detalhe -

Planos Parciais de Urbanização - já foi ratificado pelo Ministério da Administração Estatal e foi publicado em B.R.. Já é Lei. O Este Plano enquadra o desenvolvimento urbano no novo contexto de acessibilidade conferido pela nova ponte e estabelece não só o programa para a respectiva execução como o seu enquadramento legal, na perspectiva do crescimento populacional e dos índices de desenvolvimento económico espectáveis para Moçambique nas próximas décadas.

Na figura 1A apresenta-se a localização da região da KaTembe e uma comparação da proporção da área urbanizável face à área formal da cidade de Maputo. Na figura 1B ilustra-se a divisão da área urbanizável em 13 Unidades de Execução que permitirão, a partir de regulamentos autónomos, estabelecer pólos com características maioritariamente habitacionais (com integração de habitação social), ou mistas (comércios/serviços/habitação), ou turísticas, ou de lazer, ou industriais ou de logística.

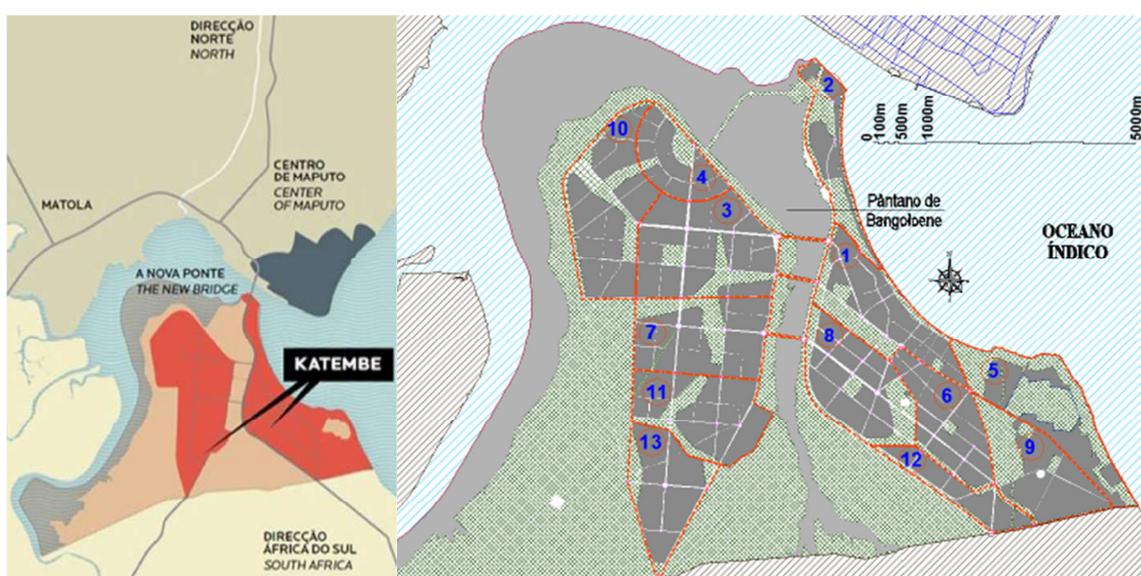


Fig. 1 - A) Planta de localização do Distrito Municipal KaTembe (área rosa claro), da sua zona urbanizável definida pelo Plano PGUDMK (vermelho, com indicação “KATEMBE”) e do centro urbano estruturado de Maputo “cimento” (cinzento escuro). B) Divisão do território em 13 Unidades de Execução, de acordo com o Plano PGUDMK.

Finalmente, o Plano PGUDMK reúne os conceitos de uma oportunidade única de planear de uma forma correcta uma parte importante da Cidade de Maputo. A sua implementação permitirá atenuar os problemas habitacionais, responder aos desafios demográficos e criar um modelo urbano sustentável e inclusivo. Uma nova centralidade da capital.

REFERÊNCIAS

- [1]-Plano Geral de Urbanização da Região Municipal KaTembe, Município de Maputo, 2012.
- [2]-Programa de Desenvolvimento Municipal de Maputo II Estratégia da Rede viária: A contribuição do PROMAPUTO II, Município de Maputo, 2011.

ARTIGO REF: 6799

COMPORTAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIO NA BEIRA: SOLUÇÕES TRADICIONAIS E ESTRATÉGIAS DE MELHORIA

Michael Mendes¹, Ana Ferreira Ramos^{2(*)}

¹Universidade Zambeze, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Beira, Moçambique

²Instituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Superior de Tecnologia, Castelo Branco, Portugal

(*)Email: ana_ramos@ipcb.pt

RESUMO

A cidade da Beira, em Moçambique, é caracterizada por um clima tropical de savana, com a designação de “Aw” de acordo com a classificação de Köppen-Geiger. Com base nestes dados foi realizada uma adaptação dos dados climáticos utilizados no Regulamento do Desempenho Térmico de Edifícios de Habitação (REH), definido no Sistema de Certificação Energética (SCE, sendo realizado um estudo sobre o comportamento térmico de um edifício de habitação. A Tabela 1 apresenta alguns dos dados climáticos considerados, nomeadamente as temperaturas médias durante o ano que permite concluir sobre as necessidade de arrefecimento (temperatura de conforto de 25°C) e a ausência de necessidades de aquecimento (temperatura de conforto de 18°C).

Tabela 1 - Temperaturas médias na Beira - Mozambique

Temperatura média do ar a >10m (°C)												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Beira	26,3	26,1	25,6	24,2	22,8	21,5	21,2	22,3	24	24,7	25,5	25,9

Foi definido um edifício tipo ao qual considerou-se a aplicação de técnicas construtivas tradicionais locais para a aplicação do regulamento (paredes resistentes de terra com 40cm, cobertura inclinada com estrutura em madeira, pavimento em betão). Num segundo momento foram consideradas algumas estratégias de reabilitação energética para melhoria das condições de conforto interior e consequente redução do consumo energético.

A Figura 1 apresenta a geometria do edifício utilizado como caso de estudo.

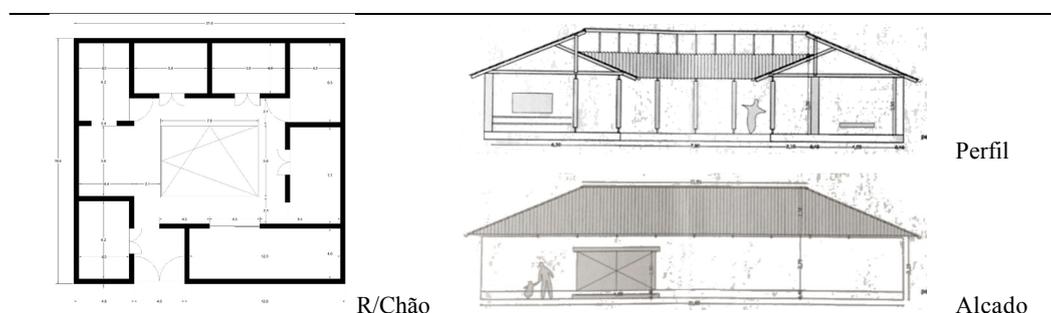


Fig. 1 - Caso de estudo - geometria (planta, corte e alçado principal)

Os resultados obtidos foram analisados, considerando-se o desempenho térmico ao nível das necessidades de arrefecimento do edifício. Os resultados da utilização de sistemas solares

passivos também foram considerados, verificando-se o seu impacto na verificação regulamentar.

a. Verificação das necessidades de arrefecimento

Calculo das necessidades nominais de arrefecimento de referencia Nv

1		
-		
<i>href</i>	0.3	
X		
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v,REF}$	31439.27	kWh/ano
÷		
Área útil de Pavimento A_p	345.8	m^2
=		
Nv	63.64	kWh/m2.ano

Calculo das necessidades nominais de arrefecimento NVC

1		
-		
<i>hv</i>	-0.1779	
X		
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v}$	55753.55	kWh/ano
÷		
Área útil de Pavimento A_p	345.80	m^2
=		
Nvc	189.91	kWh/m2.ano

Fig. 2 - Resultados das Necessidade Nominais de Energia para Arrefecimento

Estes dados permitiram concluir sobre a fraca qualidade térmica dos edifícios e a necessidade de intervir sobre o património edificado no sentido de reduzir as necessidades energéticas para obtenção do conforto térmico. Considerando as dificuldades energéticas verificadas e os constrangimentos no fornecimento de energia, a melhoria da qualidade das habitações pode ser estratégica para a sustentabilidade e redução do consumo energético.

REFERÊNCIAS

- [1]-Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013. Publicação dos parâmetros térmicos para o cálculo dos valores que integram o presente despacho. D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03 (2013).
- [2]-Ministério da Economia e do Emprego, Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto, Diário da República, 1.ª série-N.º159, Portugal (2013).
- [3]-Kottek, M.; Grieser, J.; Christoph B.; Rudolf B.; Rubel F.; World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 15, No. 3, 259-263, June (2006).
- [4]-Moret Rodrigues, A; A. Canha da Piedade; Braga, Ana Marta - Térmica de Edifícios, Edições ORION, ISBN 978-972-8620-13-4, Lisboa, junho (2009).
- [5]-Portaria n.º 349-B/2013. Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH). D.R. n.º 232, Suplemento, Série I de 2013-11-29 (2013).
- [6]-Santos, Carlos; Matias, L. Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios. ITE 50; Lisboa: LNEC (2007).

ARTIGO REF: 6800

AS ESTRATÉGIAS SOLARES PASSIVAS NA BEIRA: RECONHECER A SUA IMPORTÂNCIA NO DESEMPENHO TÉRMICO DO EDIFÍCIO

Ana Ferreira Ramos^{1(*)}, Michael Mendes²

¹Instituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Superior de Tecnologia - Castelo Branco, Portugal

²Universidade Zambeze, Faculdade de Ciências e Tecnologia - Beira, Moçambique

(*)Email: ana_ramos@ipcb.pt

RESUMO

Considerando todas as dificuldades inerentes às questões económicas e sociais dos países lusófonos, a construção tem sido condicionada pela disponibilidade de materiais e pelo custo associado à sua utilização. O conforto térmico interior tem sido alcançado através da utilização de equipamentos de climatização sem qualquer rotulagem que permita conhecer o seu desempenho e eficiência.

O presente trabalho teve por base a caracterização da construção corrente analisada na cidade da Beira, em Moçambique. Além dos materiais e soluções construtivas, foram identificadas as soluções solares passivas existentes aplicadas em edifícios da década de 40-70 (período com uma forte influência portuguesa) e na construção atual. Foram ainda identificados os elementos construtivos que podem condicionar a aplicação dos parâmetros térmicos regulamentares, de acordo com a metodologia do regulamento português, com características específicas e de difícil enquadramento.

A Figura abaixo apresenta três exemplos de estratégias para o controlo da radiação incidente na envolvente exterior recorrendo-se a diferentes abordagens.



Edifício de serviços - varandas recuadas e sombreamento da envolvente



Edifício multifamiliar - elementos decorativos para sombreamento da parede exterior



Edifícios multifamiliar - orientação da envolvente exterior em função do azimute solar

Fig. 1 - Controlo da radiação incidente

A importância da ventilação é igualmente analisada devido às características climáticas locais e à necessidade de garantir a renovação do ar no interior dos espaços.

A Figura 2 apresentar algumas estratégias existentes em edifícios da Beira, nomeadamente garantindo-se a permeabilidade da fachada, a ventilação do desvão da cobertura ou a geometria da área operativa das aberturas que permite definir o fluxo do vento nos espaços interiores.



Edifício de serviços - parede com blocos vazados e aberturas superiores (propicia efeito chaminé)



Edifício unifamiliar - abertura no desvão da cobertura para renovação do ar



Edifício unifamiliar - venezianas reguláveis nas aberturas para controlar o fluxo de ar

Fig. 2 - Estratégias de ventilação

Considerando-se que o Regulamento do Desempenho Térmico de Edifícios de Habitação (REH), no âmbito do Sistema de Certificação Energética (SCE), refere claramente a necessidade de incentivar a adoção de sistemas passivos, foram analisados os parâmetros térmicos beneficiados com as estratégias de arrefecimento apresentadas, no sentido de identificar as fragilidades do regulamento quanto à sua valorização.

REFERÊNCIAS

- [1]-Francisco Moita, “Energia Solar Passiva”, Vol. I, Direcção Geral de Energia: Lisboa (1985).
- [2]-Fuller Moore, “Environmental Control Systems - heating cooling lighting”, McGraw-Hill, Inc: Indiana (1993).
- [3]-Guillermo E. Gonzalo, “Manual de Arquitectura Bioclimática”; Tucumán: Argentina (1998).
- [4]-Ministério da Economia e do Emprego, Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto, Diário da República, 1.ª série-N.º159, Portugal (2013).
- [5]-Ramos, Ana Ferreira; Silva, José Mendes; Adapting Portuguese Architecture to former African Colonies Climate Conditions; 41st IAHS World Congress; Portugal: Albufeira (2016).
- [6]-Victor Olgyay, “Arquitectura y Clima - Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas”, Editorial Gustavo Gili, S.A.: Barcelona (1998).

ARTIGO REF: 6890

SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO DE CAVES E FUNDAÇÕES ESPECIAIS EM EDIFÍCIOS DE GRANDE PORTE EM MAPUTO - MOÇAMBIQUE

Rui Tomásio^{1(*)}, Ricardo Nicolas Kaidussis², Alexandre Pinto¹

¹JetSJ Geotecnia, Lda., Lisboa, Portugal

²Rosond Moçambique, Maputo, Moçambique

(*)Email: rtomasio@jetsj.com

RESUMO

Os trabalhos de escavação e construção dos pisos enterrados em meio urbano aportam condicionamentos relevantes que, sempre que conhecidos, devem ser considerados desde a fase de concepção das soluções a adoptar.

O presente artigo pretende apresentar as soluções adoptadas para a construção dos pisos enterrados e também das fundações de 2 edifícios localizados no centro da cidade de Maputo.

Em ambas as situações, atendendo à necessidade de execução entre 2 (Edifício A) e 3 (Edifício B) caves e aos condicionantes determinados pela envolvente urbana dos locais de implantação dos edifícios, recorreu-se a uma solução de contenção periférica com recurso a cortina de estacas moldadas, travadas provisoriamente com bandas das lajes definitivas realizadas antecipadamente durante a fase de escavação (sistema *top-down*). Face à magnitude das cargas a transmitir ao terreno de fundação, determinadas pelo elevado porte dos edifícios (cerca de 20 pisos) mostrou-se ainda necessário a definição de uma solução de fundações indirectas com recurso a estacas moldadas.

Destacam-se ainda os trabalhos de controlo de qualidade e de execução da obra, em particular os ensaios de integridade realizados nas estacas, assim como a instrumentação e observação da obra, nomeadamente durante os trabalhos de escavação, comparando-se os mesmos com os estimados em fase de projecto.

Descrição Geral das Soluções Adoptadas no Edifício A

A solução de contenção periférica estudada e implementada de forma a viabilizar a realização de uma escavação na vertical, com cerca de 6m de profundidade, foi realizada com recurso a uma cortina de estacas moldadas, em betão armado, com diâmetro de 500mm e afastadas de 0.9m, executadas com recurso a trado contínuo. A cortina de estacas foi revestida com betão projectado, armado com malha electrosoldada (Fig). Face à profundidade da escavação, apesar da utilização de estacas de reduzido diâmetro, mostrou-se possível o travamento da cortina de estacas apenas ao nível da laje do piso 0, através de uma banda da respectiva laje, em substituição das tradicionais ancoragens provisórias, conferindo um travamento mais rígido à contenção e, sobretudo, evitando a ocupação dos terrenos vizinhos. A solução de fundações foi executada com recurso a estacas moldadas com diâmetros $\phi 400\text{mm}$, $\phi 800\text{mm}$ e $\phi 1000\text{mm}$, realizadas com trado contínuo e com vara telescópica “Kelly”, respectivamente.

Descrição Geral das Soluções Adoptadas no Edifício B

A solução de contenção periférica estudada e implementada de forma a viabilizar a realização de uma escavação na vertical, com cerca de 9m de profundidade, foi realizada com recurso a

uma cortina de estacas moldadas, em betão armado, com diâmetro de 600mm e afastadas de 0.9m, executadas com recurso a trado contínuo sempre que o comprimento era inferior a 12.0m (Fig).



Fig. 1 - Imagens da Fase de Escavação do Edifício A.

Face à identificação do nível de água acima do fundo da escavação (durante a realização da campanha de prospecção geológico-geotécnica), foram intercaladas entre as estacas estruturais da cortina, estacas de betão simples, de forma a minimizar a entrada de água através da cortina. As estacas da cortina de contenção, devido à existência de pilares apoiados sobre a mesma, dispunham de comprimentos variáveis, de forma a permitir simultaneamente assegurar a função de elementos de fundação indirecta. Para fundação dos pilares centrais, foram utilizadas estacas $\phi 800\text{mm}$, $\phi 1000\text{mm}$ e $\phi 1200\text{mm}$, realizadas com recurso a vara telescópica “Kelly”.



Fig. 2 - Imagens da Fase de Escavação do Edifício B e montagem da armadura da banda de laje.

ARTIGO REF: 6896

ACESSIBILIDADE E MOBILIDADE: O ESTUDO DE CASO DA AVENIDA HERÓIS DE ANGOLA EM LEIRIA

Bruno Silva^{1(*)}, Luísa Gonçalves^{1,2,3}, João Pedro Silva¹

¹Instituto Politécnico de Leiria, Departamento de Engenharia Civil, Portugal

²Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra, INESC Coimbra (Portugal)

³NOVA IMS - NOVA Information Management School, Universidade Nova de Lisboa (Portugal)

(*)*Email*: brunofrancosilva@gmail.com

RESUMO

Desde o início do século XX, devido ao *boom* da indústria automóvel, que o modo de deslocação preferido pela maior parte da população passou a ser o veículo automóvel privado. Devido a este facto, a preocupação com a acessibilidade pedonal foi frequentemente negligenciada, dando lugar à preocupação constante com a construção, alargamento e manutenção de melhores infraestruturas para a circulação de veículos motorizados. Apesar destas medidas terem melhorado a qualidade de condução, as velocidades de circulação também sofreram um incremento, o que acabou por culminar em mais ocorrências de sinistralidade rodoviária envolvendo automóveis e peões, assim como maiores emissões de gases poluentes, diminuindo a qualidade de vida de todos os utilizadores.

Neste artigo apresenta-se o estudo desenvolvido tendo como objetivo melhorar as condições de acessibilidade e mobilidade de uma das principais vias de Leiria, a Avenida Heróis de Angola. Neste âmbito, foi desenvolvido um conjunto de propostas tendo em consideração os seguintes aspetos: 1) Promover modos de transporte suaves; 2) Diminuir os volumes de tráfego automóvel; 3) Garantir a segurança de todos os utilizadores; 4) Melhorar a infraestrutura pedonal existente; 5) Garantir a eficiência dos transportes públicos; 6) Melhorar a ligação da Avenida ao tecido urbano adjacente; 7) Facilitar a acessibilidade e circulação de pessoas com mobilidade condicionada em todo o espaço público; 8) Assegurar que se apresentem soluções imediatas e evolutivas a médio/longo prazo; 9) Garantir a exequibilidade económica das soluções.

A Avenida Heróis de Angola é uma das principais vias da cidade de Leiria, desempenhando um papel importante na ligação entre a zona central da cidade, as zonas limítrofes e a rede rodoviária nacional. Está igualmente inserida numa área de significativa procura pedonal motivada pela concentração de espaços comerciais e serviços presentes ao longo da avenida e das suas imediações. Trata-se assim de uma via multifuncional sendo importante que se obtenha um bom compromisso entre a acessibilidade e a mobilidade, de forma a assegurar bons níveis de desempenho para todos os utilizadores e potenciar a qualidade do espaço urbano.

Para o desenvolvimento do estudo foi implementada uma metodologia, constituída por um conjunto de etapas e procedimentos de trabalho essenciais ao processo de recolha de informação, com o intuito de aferir as condições de acessibilidade e mobilidade da Avenida Heróis de Angola. Neste âmbito, procedeu-se previamente à sua caracterização física e funcional, foram efetuadas contagens de veículos e peões, verificada *in situ* a possível existência de inconformidades na infraestrutura pedonal e realizados inquéritos aos peões. Os

inquéritos foram realizados de forma a aferir qual a opinião pública relativamente às condições de acessibilidade e mobilidade da Avenida.

Depois de concluída a recolha de dados, estes foram introduzidos numa base de dados e em ambiente SIG, permitindo assim uma melhor visualização e análise da informação. Com base nas contagens de tráfego *in situ*, procedeu-se, igualmente ao cálculo dos níveis de serviço pedonais e de veículos.

No artigo apresentam-se as análises e recolhas de dados realizadas bem como as propostas de intervenção que, se implementadas, permitem a minimização das deficiências detetadas e consequentemente a otimização do desempenho urbano da Avenida Heróis de Angola nomeadamente através da criação de condições de coexistência segura entre os modos de transporte ambientalmente sustentáveis e os veículos automóveis.

REFERÊNCIAS

[1]-Decreto-Lei n.º 163/2006 de 8 de Agosto do Ministério do Trabalho e da Solidariedade Social, 152, 2006.

[2]-IMTT, Directivas para a Concepção de Pavimentos: Critérios de dimensionamento de pavimentos: Colecção de Brochuras Técnicas/Temáticas. Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres, I. P.. Portugal., 2009.

[3]-Seco, Á. & Macedo J., "03 - Níveis de serviço em Estradas e Auto-estradas," Manual de Planeamento das Acessibilidades e da Gestão Viária, 2008.

[4]-Seco, Á. & Macedo J., "04 - Princípios Básicos de Organização de Redes Viárias," Manual de Planeamento das Acessibilidades e da Gestão Viária, 2008.

[5]-Seco, Á. & Macedo J., "08 - Peões," Manual do Planeamento das Acessibilidades e da Gestão Viária, 2008.

[6]-TRB. (2000). Highway Capacity Manual. Washington, D.C: Transportation Research Board.

ARTIGO REF: 7024

GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS URBANOS NA CIDADE DE PEMBA. PROJECTO DE CENTRO INTEGRADO DE GESTÃO DE RESÍDUOS

Ana Gonçalves^(*)

Magambi -Consultoria, EI, Maputo, Moçambique

^(*)*Email:* ana.goncalves@magambi.com

RESUMO

Na perspectiva de melhorar a gestão de resíduos sólidos urbanos no Conselho Municipal da Cidade de Pemba, indo de encontro ao preconizado na legislação moçambicana em vigor, e no âmbito do Programa de Desenvolvimento Autárquico (PDA), foi definido o primeiro projecto de gestão integrada de resíduos urbanos, que visa o encerramento da actual lixeira municipal e a construção de uma infraestrutura adequada para a gestão dos diversos resíduos gerados no município. O projecto foi elaborado em três vertentes principais: 1 - Encerramento e reconversão da lixeira municipal; 2 - Projecto de construção e operacionalização da nova lixeira controlada; 3 - Projecto progressivo de construção do futuro aterro sanitário (2ª fase do projecto da lixeira controlada).

No âmbito do trabalho desenvolvido para o Conselho Municipal da Cidade de Pemba foram discutidas e aprovadas as principais linhas orientadoras das três vertentes mencionadas, tendo sido depois desenvolvido em detalhe o projecto executivo e o plano de exploração do futuro aterro sanitário, que inclui a fase inicial de lixeira controlada (vertentes 2 e 3). No desenvolvimento destas vertentes foram definidos os princípios de gestão integrada de resíduos no município, que incluem os a seguir apresentados:

A actual lixeira de Pemba deve ser encerrada com a máxima urgência por se ter verificado que já atingiu a capacidade máxima do local, correndo actualmente o risco de desabamento para bairros residenciais circundantes. A lixeira é considerada também um foco de poluição e de insalubridade, que pode estar associada a problemas graves de saúde pública para os utilizadores informais. Tendo em conta a localização privilegiada da lixeira (perto do aeroporto de Pemba), foram discutidas diversas soluções para o seu encerramento e reconversão, tendo-se optado por fazer um encerramento logo após o início de actividade da célula de deposição controlada no futuro aterro sanitário. O encerramento deve privilegiar a consolidação dos taludes e compactação dos solos e massa de resíduos por forma a garantir a estabilidade do local, seguida da recuperação da cobertura vegetal autóctone sempre que possível. Não sendo possível a construção de infra-estruturas pesadas no local, as opções de reconversão que ficaram definidas foram: a implantação de um parque urbano para uso do público em geral com centro de informação e formação sobre o ambiente na província de Cabo Delgado; em alternativa pode ser implantado um centro de recepção, triagem e compostagem de resíduos, para encaminhamento para posterior valorização. A decisão sobre a utilização futura da lixeira, deverá ser pensada em coordenação com as actividades e infra-estruturas a serem implementadas no local do futuro aterro sanitário.

Relativamente ao projecto do futuro aterro sanitário, este deverá ser desenvolvido em duas fases (1ª fase - Lixeira Controlada, 2ª fase - Aterro Sanitário), estando a primeira fase em

preparação para arranque já no ano 2017. Na primeira fase deverá ser apenas considerada a construção de um local de deposição controlada de resíduos (lixeira controlada), e na segunda fase deve-se avançar a construção das células e demais infra-estruturas do designado aterro sanitário. Para o local seleccionado para a construção do futuro aterro sanitário foi definido um projecto completo de aterro sanitário com todas as infraestruturas de recepção, segregação e deposição de resíduos, bem como com todos os sistemas de protecção ambiental. Tendo em conta que há urgência em encerrar a actual lixeira, e tendo em conta as necessidades de investimento, definiu-se que na primeira fase se irão construir as infraestruturas básicas para o arranque de apenas uma célula de deposição controlada (lixeira controlada) para os resíduos sólidos urbanos actualmente produzidos. Para além desta célula a primeira fase inclui a construção de uma vedação, a preparação do terreno e a impermeabilização do solo recorrendo a solo natural, bem como a construção de um edifício básico da portaria onde se iniciarão as actividades de controlo dos resíduos que serão admitidos ao local. Para dar suporte e orientação prática sobre a implementação das actividades necessárias a este projecto, foi já definido o Plano de Exploração que indica por um lado a constituição da equipa e sua formação, bem como as operações, horários, e todas as actividades que precisam de ser desenvolvidas na gestão da infraestrutura e dos resíduos ali admitidos. Neste contexto, estão já a ser desenvolvidos os documentos de registo das operações a conduzir no local de deposição, que permitirão fazer uma gestão mais eficaz, ao mesmo tempo que permitem perceber a evolução da tipologia de resíduos na região, bem como perceber as necessidades de operações de tratamento e valorização destes resíduos.

Para a última fase, sobre o projecto de construção do futuro aterro sanitário, foi definido que no local onde actualmente se pretende iniciar a construção e exploração da lixeira controlada, grande parte do terreno fica reservado para a construção das áreas de desenvolvimento do aterro sanitário. As principais diferenças entre a lixeira controlada e o aterro sanitário serão: na introdução de mais sistemas de protecção ambiental, sistemas de gestão de lixiviados do aterro, de águas pluviais, de biogás do aterro e de monitorização dos parâmetros ambientais preconizados nas normas técnicas do sector. Neste sentido a implantação do projecto do aterro sanitário requer um maior investimento, e maiores custos de operação e manutenção. O aterro sanitário terá diversas células de deposição de resíduos que serão construídas e utilizadas de acordo com as necessidades. Em suporte às operações do aterro sanitário haverá uma zona de recepção de resíduos valorizáveis (resíduos orgânicos, resíduos recicláveis - plásticos, vidro, metais), junto de uma zona de recepção de resíduos especiais (para os quais se deve procurar um encaminhamento adequado, sempre que possível). Para além destas áreas deverá haver um sistema de recolha e tratamento de lixiviados para evitar a contaminação do solo e águas subterrâneas da região.

Sendo este projecto de especial importância para o sector de gestão de resíduos em Moçambique, e em particular para o Município de Pemba, e tendo a solução técnica sido aprovada pelo Ministério da tutela - MITADER (anteriormente MICOA), deverá este projecto servir de exemplo para a elaboração de projectos de conceito semelhante em Moçambique. O conceito desenvolvido neste estudo tendo sido divulgado aos profissionais do sector de gestão de resíduos estando a ser bem aceite e tendo inclusive servido já de base ao desenvolvimento de projectos de menor escala, mas semelhantes, noutros municípios.

REFERÊNCIAS

- [1]-Gonçalves, A., Projecto Executivo para a Construção de Célula de Deposição Controlada no Futuro Aterro Sanitário - Cidade de Pemba, Magambi para CMCP, 2013.
- [2]-Gonçalves, A., Plano de Exploração para Célula de Deposição Controlada do Futuro Aterro Sanitário - Cidade de Pemba, Magambi para CMCP, 2013.

PROCEEDINGS

CLME2017 / V CEM

8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia
V Congresso de Engenharia de Moçambique
Maputo (Moçambique), 4-8 Setembro 2017

PAINEL-IV

INFRAESTRUTURAS HÍDRICAS E TECNOLOGIAS DO MAR

Mesa do Painel

Agostinho Mondlane (Ministro do Mar, Águas Interiores e Pescas, Moçambique)
Cláudio de Jesus (Presidente do Conselho de Administração de Águas de Portugal, Portugal)
Fernando V. Gomes (Professor da FEUP, Universidade do Porto, Portugal) - Moderador
Joaquim P. Martins (Secretário Geral do Conselho Nacional da Água, Portugal)
Nelson Matsinhe (Professor da FEUEM, Universidade E. Mondlane, Moçambique)

ARTIGO REF: 6456

CONCEÇÃO E PROJETO DE UM EQUIPAMENTO PARA O CORTE DE CONGELADOS

Eurico Seabra^(*), Hélder Puga, José Oliveira

Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Depart. Eng^a Mecânica, Guimarães, Portugal

^(*)*Email: eseabra@dem.uminho.pt*

RESUMO

Este artigo incide sobre a conceção e desenvolvimento de um equipamento automático de corte de bacalhau congelado. Os equipamentos disponíveis no mercado não são capazes de responder aos requisitos propostos, pelo que foi necessário desenvolver uma nova máquina de raiz. Foi realizado o projeto detalhado para as principais funções do equipamento, e definidas e projetadas as partes que o compõem e as diversas interações de funcionamento entre os vários componentes, à luz das normas europeias de certificação de equipamentos industriais, nomeadamente mais exigentes, para a indústria alimentar.

INTRODUÇÃO

O corte de bacalhau congelado apresenta complexidade, especialmente ao nível das propriedades físicas e mecânicas do produto. Este possui uma elevada fragilidade, dureza relativamente alta (aproximadamente 363 HV) e é fibroso, sendo estes fatores críticos na seleção do processo de corte. Os equipamentos existentes no mercado possuem várias limitações, tais como, não permitem diferentes larguras de corte, danificam parte do produto na fixação e necessitam de alinhamento manual do produto.

A segurança alimentar é um assunto de extrema importância a ter em consideração no projeto do equipamento. Durante a última década a União Europeia gastou 3,3 mil milhões de euros em políticas de segurança alimentar, facto que evidencia a importância da mesma [European Commission, 2014]. Na União Europeia uma das organizações de maior destaque é a EHEDG (European Hygienic Engineering and Design Group). Este grupo publica vários documentos contendo recomendações sobre a construção de equipamentos para o processamento alimentar, no entanto não publicam normas [EHEDG, 2014]. De todos os regulamentos o de maior destaque e mais generalista é o Regulamento (CE) nº852/2004 do Parlamento Europeu [Parlamento Europeu, 2004]. Este enfatiza o uso do sistema HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points). Outra diretiva proeminente, não só no que toca à indústria alimentar, mas que concerne à indústria produtora de máquinas e equipamentos é a Diretiva de Máquinas 2006/42/EC aplicada em todos os Estados-membros da União Europeia. Esta consiste não só em regras generalistas da construção de máquinas, como também inclui algumas considerações especiais para maquinaria destinada à indústria alimentar. A Comissão Europeia lançou um documento intitulado “Guide to application of the Machine Directive 2006/42/EC” que deverá ser seguido para a conceção e construção dos equipamentos [European Parliament, 2006].

PROJETO DO EQUIPAMENTO E CONCLUSÕES

Para a concretização do projeto do equipamento foram tidos em conta os seguintes requisitos: cadência de produção de corte de bacalhau (2000 kg/h a 3000 kg/h), desperdício de corte

reduzido, elevada eficiência energética do processo, baixo custo de produção, boa qualidade da zona de corte, ajuste rápido para várias larguras de corte, número reduzido de componentes do equipamento, materiais adequados em termos de higiene, segurança de utilização elevada, respeito estrito das normas industriais, interface homem-máquina intuitiva, manutenção reduzida e fácil, maximização de utilização de componentes normalizados e baixo custo.

O projeto do equipamento foi executado de forma iterativa, sendo consideradas diversas hipóteses para as diversas funções e subfunções do equipamento. Após a idealização de vários protótipos chegou-se à configuração final apresentada na Figura 1. Esta caracteriza-se por uma construção modular com 4 módulos distintos, sendo estes o do Alimentador, da Mesa Móvel, da Serra de Fita e do Separador (postas de bacalhau cortadas).

A conclusão principal que se pode retirar deste projeto é a grande diferença de custos de processamento expectáveis, cerca de três vezes menor, do sistema automatizado contra o processo atual da empresa. Também é de realçar que com este novo processo de corte o risco de danos físicos para o operador é muito reduzido em comparação com o sistema de corte atual com serras de fitas.

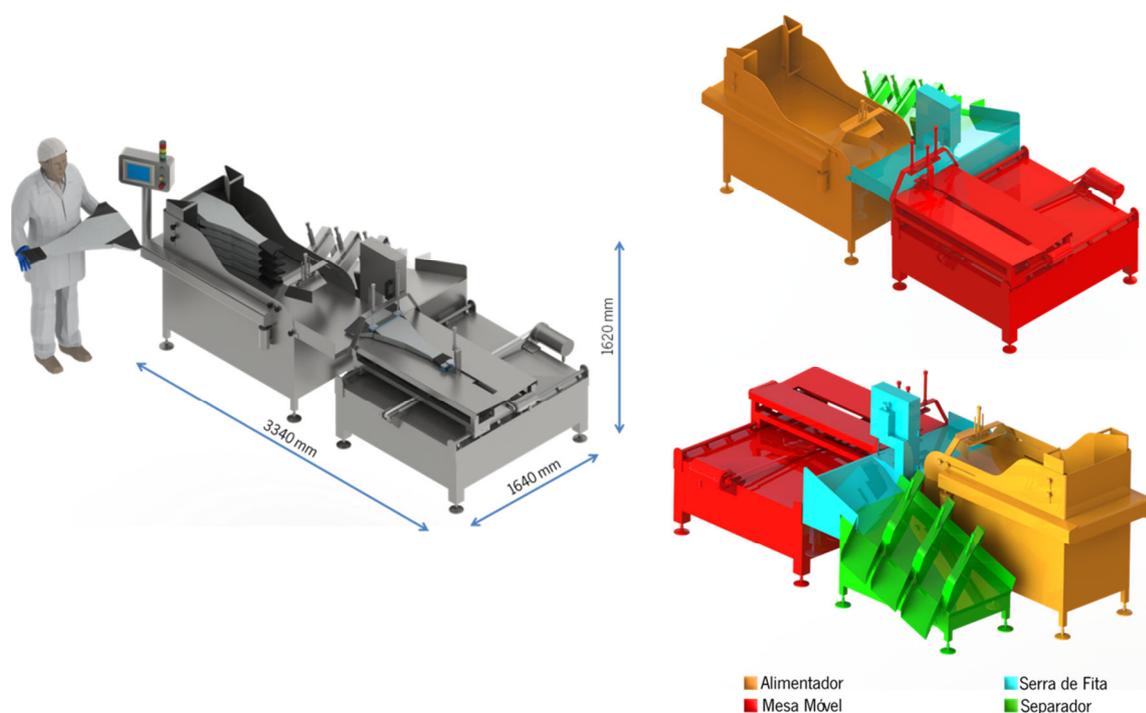


Fig. 1 - Modelação Virtual 3D do equipamento desenvolvido com a indicação dos seus quatro módulos.

REFERÊNCIAS

- [1]-European Commission, Food Safety, Bruxelas, (2014).
- [2]-EHEDG, Guidelines, [Online]. Available: <http://www.ehedg.org/?nr=9&lang=en>. [Acedido em 30 Abril 2016].
- [3]-Parlamento Europeu, Regulamento (CE) nº852/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho, "Jornal Oficial da União Europeia (2004).
- [4]-European Parliament, Directive 2006/42/EC of the European parliament and of the Council, Official Journal of the European Union (2006).

ARTIGO REF: 6513

ANÁLISE DO DESEMPENHO HIDRÁULICO E SANITÁRIO DE LEITOS DE SECAGEM DE LAMAS. O CASO DA CIDADE DE TETE

Oswaldo Jaime Moiambo^(*), Filipa Maria Santos Ferreira, José Saldanha Matos

IST/U. Lisboa, Departamento de Engenharia Civil, Georrecursos e Arquitetura, Lisboa, Portugal

^(*)*Email:* osvaldomoiambo@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

O tratamento de efluentes domésticos em Moçambique é, em regra, efetuado de forma descentralizada por meio de fossas sépticas e latrinas. A rede de saneamento, concebida no período colonial para servir uma parte muito limitada das cidades de cimento encontra-se bastante envelhecida e incipiente. Atualmente, mais de 80% da população urbana moçambicana (mais de 7 milhões de habitantes) não tem acesso a rede. Para que se tenha um impacto nas condições da salubridade é necessário dinamizar soluções para as cidades na sua totalidade, que incluam uma gestão apropriada da cadeia de serviços de lamas fecais da área de atendimento no que se refere a definição de aspetos e infraestruturas para o esvaziamento, transporte e tratamento das lamas fecais. Porém, o principal desafio passa por aplicar soluções que dão, simultaneamente, resposta ao tratamento e destino final das lamas com origem nas fossas sépticas e latrinas baseando-se em abordagens sustentáveis, que protegem o ambiente e apresentam potencial de agregação de valor.

Embora não existam dados estatísticos, os serviços que compõem a cadeia de gestão de lamas fecais em Moçambique estão ainda muito longe de satisfazer as reais necessidades, isto é, há uma falta de serviços especializados e tecnicamente viáveis sobretudo nos bairros pobres. De uma forma genérica, a estratégia que se afigura mais adequada para o tratamento de lamas nos países em desenvolvimento consiste em sistemas de tratamento por separação sólido-líquido, de baixo-custo numa estação destinada exclusivamente ao tratamento das lamas fecais recolhidas nas zonas urbanas e periurbanas (e.g., Koné e Strauss (2004) e Barroso *et al.* (2015)). Assim, os leitos de secagem de lamas enquadram-se como uma alternativa tecnológica muito coerente ao contexto moçambicano não só por motivos técnicos mas também económicos e socio-ambientais porém, a experiência em Moçambique, e na verdade em todo o continente africano, é ainda muito incipiente.

Para contribuir a justificar as opções e aferir a adequabilidade da aplicação de leitos de secagem em Moçambique, foram realizados estudos a escala piloto em instalações experimentais na estação de tratamento de águas residuais da Póvoa da Galega, em Lisboa. A instalação em referência incluía ao total duas unidades de leitos de secagem de lamas de cerca de 1m² de área, operando em condições atmosféricas normais, com um meio filtrante composto por areia e gravilha, e um dreno no fundo para a coleta das escorrências. Trabalho análogo será realizado na cidade de Tete, em Moçambique.

Os leitos foram alimentados com lamas provenientes de um digestor aeróbio e apresentavam um teor de sólidos iniciais de 2.8%. Os resultados apresentados no Quadro 1 sugerem que o procedimento experimental apresentou uma grande eficiência na redução do volume das lamas do 1º ciclo em relação ao 2º ciclo, confirmando assim a inviabilidade da aplicação de leitos de secagem durante invernos chuvosos. A precipitação afetou de forma negativa o desempenho dos leitos do 2º ciclo, revelando-se um problema crucial por repor parte da água evaporada.

Tabela 1 - Sumário dos principais resultados obtidos

Ciclo	Designação	Altura inicial (cm)	Teor de Sólidos Final (%)	Produtividade (KgST/m2dia)	E-Coli (NMP/g) Inicial	E-Coli (NMP/g) Final	Duração (dias)	Precipitação (mm)
1º	LSA	30	32.05	6.41	-	-	21	24.6
	LSB	20	45.32	6.04	-	-		
2º	LSC	20	19.90	1.59	1.87E+05	1.72E+04	35	86.8
	LSD	30	11.95	1.43		4.10E+04		

Com a diminuição do teor de humidade das lamas, constatou-se um decaimento progressivo da concentração de coliformes fecais. Não foram detetadas bactérias salmonelas durante o período experimental o que pode, em parte, dever-se ao longo período de retenção das lamas nos digestores. A Figura 1 mostra o perfil do teor de sólidos para os leitos do 2º Ciclo, que tinham inicialmente a mesma humidade (97.2%), porém com cargas diferentes.

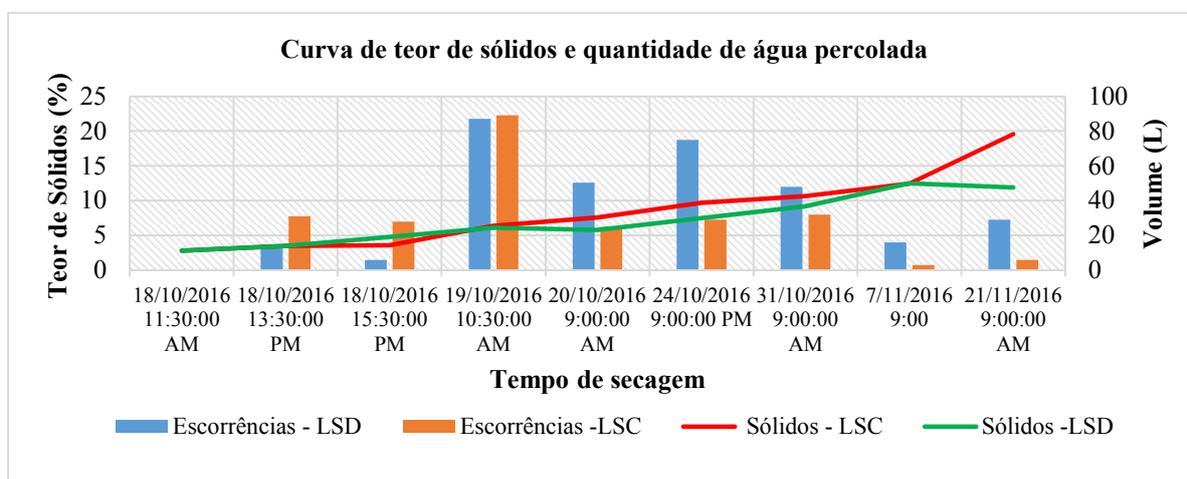


Fig. 1 - Curva de teor de sólidos e quantidade das escorrências registadas

De uma forma geral, como consequência da baixa radiação e altos valores de precipitação e humidade relativa do ar, a produtividade de secagem no 2ºciclo foi inferior a do 1ºciclo. Evitar o carregamento dos leitos nesse período seria provavelmente a melhor opção.

A realização de trabalho análogo em Moçambique permitirá otimizar parâmetros e critérios adequados ao local permitindo soluções em termos de investimento e de exploração. Dada às condições climatológicas locais, é expectável que o desempenho hidráulico e sanitário seja superior ao registado em Portugal.

REFERÊNCIAS

- [1]-Barroso, J. R., Matos, J. M., & Monteiro, A. J. Evolução Dos Serviços De Saneamento De Águas Residuais Em Meio Urbano E Alterações Climáticas - O caso de Moçambique. Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Águas e Saneamento - ENEG 2015, (p. 20). Porto 2015.
- [2]-Koné, D., & Strauss, M. Low-cost Options for Treating Faecal Sludges (FS) in Developing Countries -Challenges and Performance. 9th International IWA Specialist Group Conference on Wetlands Systems for Water Pollution Control and to the 6th International IWA Specialist Group Conference on Waste Stabilisation Ponds, (p. 7). Avignon, France 2004.

ARTIGO REF: 6542

SIMULAÇÃO DA PROPAGAÇÃO DE ONDAS SOLITÁRIAS SOBRE MEIOS POROSOS PELO MÉTODO DE ELEMENTOS DE CONTORNO

Nordino Martinho Muaievela^{1(*)}, José Paulo Soares de Azevedo², Flávio Cesar Borba Mascarenhas²

¹Departamento de Engenharia Civil da Universidade Eduardo Mondlane, Moçambique

²Laboratorio de Hidráulica Computacional, Programa de Engenharia Civil, Coordenação para a Pós Graduação em Ensino e Pesquisa, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil.

(*)*Email*: muaievela@gmail.com

RESUMO

Neste trabalho simula-se a propagação de onda solitária sobre meio poroso. A onda solitária é gerada por um pistão e após se propagar em uma região com fundo rígido, alcança um fundo permeável. A região de estudo é subdividida em dois subdomínios correspondentes ao meio do fluido livre e meio poroso. No meio fluido livre as não linearidades na propagação da onda são levadas em conta. No meio poroso a lei de Darcy governa o escoamento.

Este problema é solucionado através do método de elementos de contorno isoparamétrico quadrático onde na superfície de contacto entre os meios são desconhecidas ambas as propriedades de interesse. Os resultados obtidos foram comparados com os teóricos e tiveram concordância.

A onda solitária ao se propagar sobre o meio poroso diminui sua altura como consequência de perda energia devido ao movimento da água dentro dos interstícios do meio poroso.

REFERÊNCIAS

- [1]-Azevedo, J. P. S. 1991, Application of the Boundary Element Method to Two Dimensional Nonlinear Gravity Wave Problems. PhD dissertation. Wessex Institute of Technology, Southampton.
- [2]-Brebbia, C. A., Telles, J. C. F., Wrobel, L. C., Boundary Element Techniques. Theory and Applications in Engineering, Springer-Verlag, 1984.
- [3]-Brebbia, C. A., The Boundary Element Method for Engineers, Pentech Press, London, 1978.
- [4]-CABRAL, J. J. S. P., 1985, Intrusão Salina em Aquíferos Costeiros: Uma Análise pelo Método de Elementos de Contorno. Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- [5]-Cao, Y., Beck, R.F., Schultz, W. W., "An Absorbing Beach for Numerical Simulations of NonLinear Waves in a Wave Tank". 8th International Workshop on Water Waves and Floating Bodies, St. John's, Canada, pp.17-20, 1993.
- [6]-Dold, J. W., e Peregrine, D. H. "Steep Unsteady Water Waves: An Efficient Computational Scheme". In: Proceedings of the 19th Coastal Engineering Conference, Vol. 1, pp. 955-967, ASCE, Boston, 1984.

- [7]-Grilli, S. T., Horrilo, J., “Numerical Generation and Absorption of Fully Nonlinear Periodics Waves”. *Journal of Engineering Mechanics*, vol. 123, nº10, 1997.
- [8]-Grilli, S. T., Skourup, J., Svendsen, I. A., “An Efficient Boundary Element Method for Nonlinear Water Waves”. *Engineering Analysis With Boundary Elements*, Vol. 6, nº 2, pp. 97-107, 1989.
- [9]-Gu, Z. G., Wang, H., “Numerical Modeling for Wave Energy Dissipation Within Porous Submerged Breakwaters of Irregular Cross Section”. *Coastal Engineering*, vol. 90, pp.-1189-1202, 1992.
- [10]-Huang, C.-J., Chang, H.-H., Hwung, H.-H., “Structural Permeability Effects on the Interaction of a Solitary Wave and a Submerged Breakwater”. *Coastal Engineering*, vol. 49, pp. 1-24, 2003.
- [11]-Katel, H., Eric, B., “Accuracy of Solitary Wave Generation by a Piston Wave Maker”. *Journal of Hydraulic Research*, vol. 40, nº3, pp.321-331, 2002.
- [12]-Koo, W. 2003, Fully Nonlinear Wave Interactions By a 2D Potential Numerical Wave Tank. PhD dissertation, Texas A. & M. University.
- [13]-Lin, W.-M., 1984, NonLinear Motion of The Free Surface Near a Moving Body. PhD dissertation. Massachusetts Institute of Technology, USA.
- [14]-Longuet-Higgins M. S. e Cokelet, E. D., “The Deformation of Steep Surface Waves on Water”. In: *Proceedings of Real Society of London:I. A Numerical Method of Computation*, Vol. A. 350, pp. 1-26, London, 1976.
- [15]-Mizutane, N., Mostafa, A. M., Iwata, K., “Nonlinear Regular Wave, Submerged Breakwater and Seabed Dynamic Interaction”. *Coastal Engineering*, vol. 33, pp. 177-202, 1998.
- [16]-New, A. L., McIver, P. e Peregrine, D. H. “Computational of Overtuning Waves”. *Jornal of Fluid Mechanics*, Vol. 150, pp. 233-251, 1985.
- [17]-Packwood, A. R., Peregrine, D. H., “The Propagation of Solitary Waves and Bores Over a Porous Bed”, *Coastal Engineering*, vol. 3, pp. 221-242, 1980.
- [18]-Sollit, K. C., Cross, H. R., “Wave Transmission Through Permeable Breakwaters”. *Coastal Engineering*, nº. 13, pp. 1827-1846, 1972.
- [19]-Telles, J. C. F. “A Self-Adaptative Co-ordinate Transformation for Efficient Numerical Evaluation of General Boundary Element Integrals”. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, vol. 24, pp. 959-963, 1987.
- [20]-van Daalen, E. F. G. 1993, Numerical and Theoretical Studies of Water Waves and Floating Bodies. PhD dissertation, Twente University.
- [21]-Vinje, T. e Brevig, P., “Numerical Simulation of Breaking Waves”, *Advances in Water Resources*, Vol. 4, pp. 77-82, 1981.
- [22]-Wu, N.-J., Tsay, T.-K., Chen, Y.-Y., “Generation of Stable Solitary Waves by a Piston-type Wave Maker”. *Wave Motion*, nº 57, pp. 240-255, 2014.

ARTIGO REF: 6559

DISTRIBUIÇÃO DE CIANOBACTÉRIAS EM DEZ LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS

Baptista Bina^{1(*)}, Nemésio Neves Batista Salvador²

¹Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Brasil; Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural, Moçambique.

²Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Brasil

(*)*Email*: baptistabina@gmail.com

RESUMO

Organismos fotoautotróficos de origem procarionte, particularmente as cianobactérias, são de grande relevância ecológica pela sua capacidade fotossintética, versatilidade biossintética e ubiquidade em diversos e extremos ambientes. Entretanto, nos ecossistemas aquáticos e nas lagoas de estabilização fotossintéticas de tratamento de esgotos, podem se constituir em importantes e perigosos produtores de toxinas potencialmente tóxicas. Seu lançamento e sua floração nos corpos receptores são motivo de grande preocupação, pelas consequências negativas sobre a biota aquática e os riscos à saúde pública. Este estudo teve por objetivo analisar a ocorrência, composição, densidade e distribuição espaço-temporal de cianobactérias nos efluentes de lagoas fotossintéticas secundárias (LF) de tratamento de esgotos sanitários em dez cidades localizadas na região central do Estado de São Paulo, Brasil. Os resultados obtidos mostram a ocorrência de diversas espécies de cianobactérias e em elevadas densidades, acima de 20.000 cel/mL (células por mililitro), o que indica o risco de contaminação dos corpos d'água receptores (ver de Tabela1). Os limites dos padrões legais brasileiros de qualidade de águas doces para esses organismos variam de 20.000 cel/mL (corpos d'água menos poluídos, Classe 1), a 100.000 cel/mL (corpos d'água poluídos, Classe 3), de acordo com Brasil (2005).

INTRODUÇÃO

As cianobactérias se distribuem em uma gama de habitats ecologicamente diversos de águas estuarinas, marinhas, de solos, assim como de habitats extremos, tais como águas termais, e ambientes Antárticos e Árticos (Sompong et al., 2005; Taton et al., 2006). Elas se distribuem principalmente em ecossistemas aquáticos de água doce, em quase todas as latitudes tropicais, subtropicais, temperadas, polares e subpolares de todo o mundo (Kosten et al., 2012; Vincent & Quesada, 2012; Paerl & Otten, 2013).

Alguns gêneros de cianobactérias, tais como *Dolichospermum* e *Aphanizomenon* são de distribuição cosmopolita (Sheath et al., 1996; Sheath Muller, 1997; Tang et al., 1997); outros são aparentemente mais restritos a águas frias das regiões de clima temperado, como, por exemplo, a maioria das *Oscillatoria* sp., ou a águas tropicais e subtropicais, como *Cylindrospermopsis* e *Spirulina* (Padisak, 1997; Whitton & Potts, 2000; Karadžić et al., 2013).

Cianobactérias são referidas coletivamente como as que constituem um antigo grupo de organismos fitoplanctônicos procariontes, fotossintetizantes, altamente adaptáveis e abundantes, têm sido reconhecidos como importantes causadores de problemas ambientais,

com sérias implicações na saúde humana e na economia das atividades ligadas a água (Azevedo & Vasconcelos., 2006; Tsukamoto & Takahashi, 2007; Santos e Bracarense, 2008). Nas águas doces superficiais, sua abundância, biomassa, e composição de espécies, são amplamente conhecidos por variar grandemente no tempo e no espaço (Knoppers et al., 1984; Graham et al., 2006; Prentice, 2008; Sarika et al., 2010).

A proliferação excessiva de cianobactérias, sob a forma de intensas florações, é geralmente correlacionada com vários fatores ambientais combinados, como disponibilidade de nutrientes, especialmente os compostos de nitrogênio e fósforo (Chorus & Bartram, 1999; Whitton & Potts, 2000), grandes variações sazonais de intensidade luminosa, temperatura, condições hidrográficas e hidrológicas (Sangita Ganesh et al., 2014; Lorena et al., 2015). Muitos desses fatores são resultado de atividades antropogênicas, que são muito mais relevantes do que as causas naturais de proliferação das cianobactérias.

Sabe-se que tanto o aumento da acumulação ou da disponibilidade de compostos fosfatados quanto nitrogenados em ambientes continentais temperados, principalmente tropicais, e proporcionam aumento na produtividade primária (Smith, 1983) e desempenham um papel chave na regulação da composição da comunidade de cianobactérias (Andersson et al., 2015). Os fatores ambientais, por sua vez, podem propiciar a seleção de espécies por meio de mecanismos competitivos (Calijuri et al., 2006).

A principal preocupação com a ocorrência de elevadas densidades de cianobactérias nos corpos d'água, especialmente em mananciais, é a o fato de que alguns desses organismos são conhecidos por produzirem e liberarem para as águas mais de um tipo de cianotoxina, sendo que dentro de uma mesma espécie podem existir várias linhagens produtoras de toxinas (Furey et al., 2005; Soltero-Santos et al., 2005). A legislação brasileira sobre qualidade das águas superficiais, Resolução CONAMA n° 357/2005, estabelece que o limite para a densidade de cianobactérias em corpos d'água de Classes 1, 2 e 3 é de 20.000 cels/mL, 50.000 cels/mL e 100.000 cels/mL, respectivamente (Brasil, 2005). Os corpos d'água Classe 1 e 2 são pouco poluídos e utilizados geralmente como mananciais.

No Brasil, as lagoas de estabilização fotossintéticas facultativas tem sido bastante empregadas no tratamento de esgotos sanitários e industriais, por sua simplicidade de construção, operação e manutenção, baixo custo e boa eficiência na remoção de poluentes. Entretanto, essas lagoas, com altos teores de nutrientes, se constituem num habitat que favorece as condições para o desenvolvimento intenso do fitoplâncton, destacando-se as cianobactérias, sendo elevadas as concentrações de bactérias, algas e cianobactérias no efluente final, que se interagem mutualisticamente (Pearson, 1987; de Oliveira, 1990; Abdel-Raouf et al., 2012).

As altas densidades de cianobactérias, embora contribuam significativamente para a produção primária aquática e para o processo de remoção de CO₂ atmosférico e sua conversão em matéria orgânica e O₂, ocupando um papel relevante no plâncton, juntamente com microalgas eucariotas, se constituem em um inconveniente, na medida em que podem causar problemas de toxicidade, cor, odor, sabor e aspecto alterado nas águas de abastecimento, bem como problemas operacionais nas estações de tratamento de água, gerando limitações para a potabilização ou outros afins (Smith et al., 2008; Rosales et al., 2008, Abdel-Raouf et al., 2012).

METODOLOGIA

Amostragem de Campo

Foram estudadas dez estações de tratamento de esgotos sanitários por lagoas de estabilização fotossintéticas facultativas (LF1 a LF10), de cidades da região central do Estado de São

Paulo, sudeste do Brasil, próximas à cidade de São Carlos. Os critérios de escolha das cidades/ lagoas foram a proximidade da cidade de São Carlos e facilidade de acesso aos pontos de amostragem. Foi estabelecido um ponto de amostragem para cada lagoa, na saída do seu efluente.

Na Figura 1 a seguir é mostrada a localização das dez cidades e respectivas lagoas estudadas, no Estado de São Paulo e no Brasil.

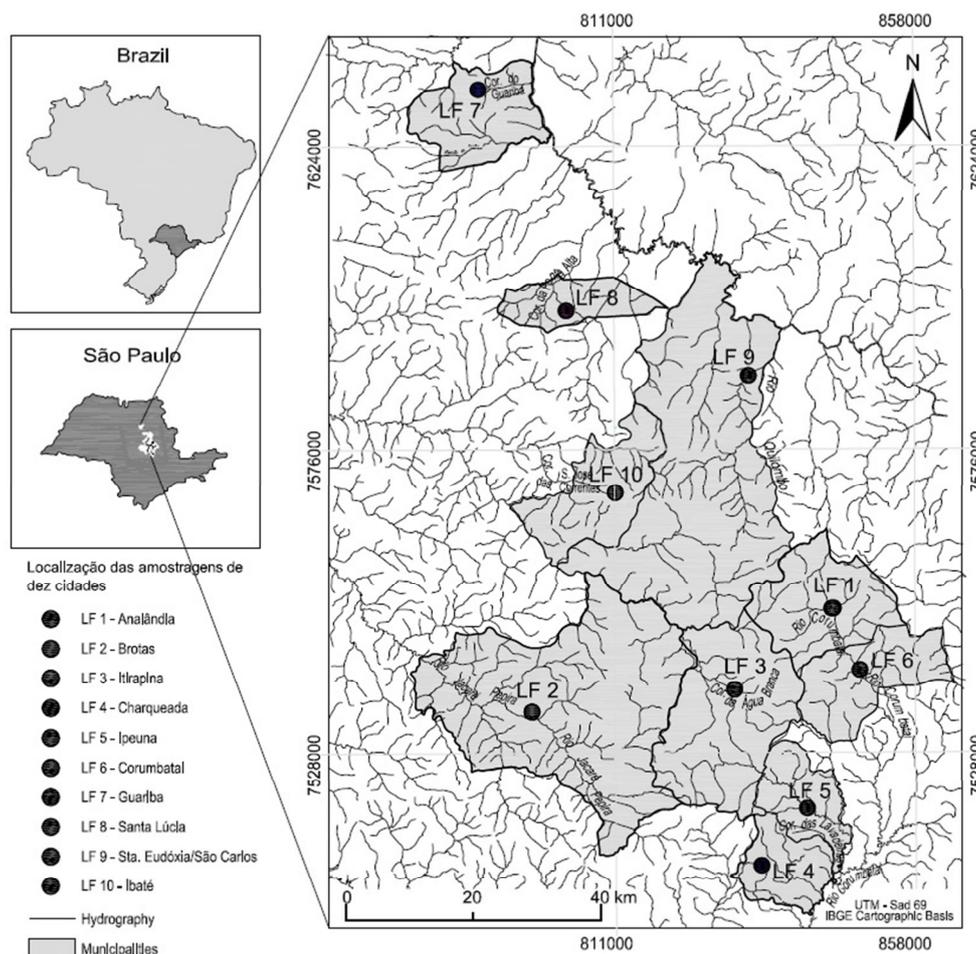


Fig. 1 - Localização das cidades e respectivas lagoas.

Durante o período de maio de 2012 a abril de 2013 foram realizadas amostragens mensais destinadas a identificar e caracterizar a distribuição das cianobactérias qualitativa e quantitativamente. Para as análises qualitativas as amostras foram coletadas e filtradas por meio de uma rede de plâncton cônica de náilon de tamanho de malha de 20µm, arrastada horizontalmente em cada local de coleta, na subsuperfície (aproximadamente 0,5 m de profundidade). Para as análises quantitativas as amostras foram coletadas utilizando-se um recipiente tipo balde de capacidade 5 litros e um coletor tipo copo de capacidade 1 litro, confeccionados de aço inox AISI316. Imediatamente após as amostragens o seston foi acondicionado em frascos plásticos de polietileno de 250 mL contendo solução de formaldeído a 4% para fixar as amostras e preservá-las, sendo estas armazenadas em caixa de

isopor com gelo triturado e transportadas para o Laboratório de Saneamento do Departamento de Engenharia Civil da Universidade federal de São Carlos.

Identificação e Contagem das Cianobactérias

Para a identificação taxonômica clássica tradicional das amostras de rede, até em nível de espécie, estas foram analisadas com auxílio de um microscópio binocular óptico comum com aumento de 400 a 1000x, acoplado a uma câmera fotográfica clara e ocular de medição. A identificação foi baseada principalmente nas seguintes chaves de identificação adotadas por Desikachary (1959); Anagnostidis & Komárek (1988); Komárek & Anagnostidis (1989); Komárek & Anagnostidis (1999); Komárek & Anagnostidis (2000); Komárek & Anagnostidis (2005); Komárek & Cronberg (2001); e Sant'Anna & Azevedo (2000).

O método Utermöhl foi utilizado para estimar a densidade das cianobactérias por contagem numérica, sendo adotado o método de câmaras cilíndricas de acrílico transparente de sedimentação de diferentes volumes conhecidos, conforme descrito por Utermöhl (Utermöhl, 1958), por meio de um microscópio invertido binocular Coleman N/B100, de escala ocular micrometrada acoplada ao microscópio, com uma ampliação de 400 a 1000x (Anderson & Thröndsen, 2003). Os resultados foram registrados em células por mililitro (cel/mL).

Em virtude da possibilidade de resultados extremos e da ocorrência de uma distribuição não normal, os dados foram analisados estatisticamente com a aplicação do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (Viali, 2008). No presente trabalho foi fixado o nível de significância de 5% para todos os testes, a fim de registrar a semelhança ou a diferença entre os grupos de amostras.

RESULTADOS

Em todas as lagoas de estabilização objeto deste trabalho foram identificadas cianobactérias, tendo sido determinadas suas concentrações de células para cada amostra, em sua distribuição espaço-temporal, no período estudado de doze meses.

Observações sobre a periodicidade de ocorrência das cianobactérias indicam que, condições de pouca variação anual de temperatura, característica de regiões tropicais e águas não estratificadas termicamente, são condições ótimas para a ocorrência e desenvolvimento dos principais gêneros de cianobactérias (Calijuri et al., 2006; Reynolds, 2006). Este foi o caso das temperaturas observadas nas dez lagoas, que de maneira geral, estiveram dentro da faixa de 25° a 30°C. Entretanto, estudos mais detalhados são necessários para que se possa verificar alguma estratificação temporária.

Os gêneros de cianobactérias encontrados no presente trabalho pouco divergem dos registrados por Aquino (2010) e Aquino (2011) em lagoas de estabilização fotossintéticas do Estado do Ceará, bem como dos observados por König et al. (1999) em lagoas do Estado da Paraíba, Brasil.

Seis espécies de cianobactérias foram frequentes nas dez lagoas estudadas: *M. tenuissima*, *Aphanocapsa* sp, *Lyngbya* sp, *Pseudanabaena* sp, *Microcystis* sp e *Spirulina* sp, sendo que, em média, houve maior presença de *M. tenuissima*, o sugere que esta espécie foi a melhor adaptada ao ambiente hipereutrófico das lagoas, sendo que a *Lyngbya* sp foi a segunda espécie mais abundante. O gênero *Merismopedia*, ao qual pertence a espécie *M. tenuissima*, possui grande adaptabilidade para diferentes ambientes/ habitats (Brettum, 1989, Blomqvist, 2001, Tian et al., 2012). Os gêneros *Microcystis* e *Planktothrix* são considerados produtoras

de toxinas por Sivonen & Jones (1999). Furtado et al. (2009) relatam a coexistência e até mesmo a alternância entre *Microcystis* sp. e *Merismopedia* sp. com *Planktothrix* sp. e *Cylindrospermopsis* sp. em lagoas de tratamento de esgotos sanitários.

As densidades das cianobactérias encontradas no presente trabalho são apresentadas no quadro seguinte.

Tabela 1 - Densidades de cianobactérias registradas nas lagoas estudadas (cel/mL).

Mês	LF1	LF2	LF3	LF4	LF5	LF6	LF7	LF8	LF9	LF10
05/2012	121.139	17.289	3.956	31.875	62.334	3.093	*	<u>949.119</u>	361.300	12.048
06/2012	98.462	10.510	14.510	4.704	77.823	52.925	46.393	437.034	138.310	75.730
07/2012	442.218	7.745	6.704	8.468	*	12.898	230.322	27.613	451.962	112.867
08/2012	16.038	9.409	*	9.408	130.547	32.930	2.352	11.516	137.605	34.107
09/2012	174	56.667	27.639	36.851	48.220	53.631	2.303	2.205	87.522	29.403
10/2012	28.227	43.516	1.176	11.761	197.586	58.217	106	4.410	109.378	3.528
11/2012	13.819	31.093	4.234	19.942	<u>801.518</u>	18.999	5.881	1.764	48.367	865
12/2012	3.458	28.227	33.208	19.994	186.794	114.082	4.704	17.642	19.759	14.113
01/2013	2.487	152.012	248.747	34.107	*	137.605	10.364	576.293	100.190	20.582
02/2013	2.211	41.458	11.761	52.925	301.084	255.804	37.312	717.426	91.207	100.408
03/2013	6.910	6.910	148.823	108.960	223.234	154.138	113.067	<u>963.030</u>	10.364	134.206
04/2013	6.495	351.068	152.012	107.099	150.542	77.623	171.013	<u>884.433</u>	<u>981.168</u>	18.524
Média	61.803	62.992	59.343	37.175	<u>217.968</u>	80.995	56.711	<u>382.707</u>	<u>211.428</u>	47.365

* Sem amostragem.

Conforme pode ser observado no Quadro 1, as densidades ou concentrações e a distribuição das cianobactérias foram muito variadas nas lagoas e ao longo do tempo, destacando-se as lagoas das cidades de Ipeúna - LF5, Santa Lúcia - LF 8 e Santa Eudóxia - LF 9, pelos seus altos valores, com médias acima de 200.000 cel/mL e valores máximos superiores a 800.000 cel/mL (vide grifos, Quadro 1).

Elevadas densidades podem ser produzidas por inúmeros fatores bióticos e abióticos combinados, resultantes do processo de eutrofização e outros: baixa turbulência, baixa transparência da água, valores baixos ou elevados de pH, elevadas temperaturas da água, estratificação térmica, alta incidência luminosa e disponibilidade de nutrientes, embora muitas de suas espécies sejam capazes de fixar o nitrogênio atmosférico e transformá-lo nas formas assimiláveis (amônia e nitrato), além de terem a capacidade de armazenar fósforo sob a forma de polifosfatos (Reynolds, 1984; Reynolds, 1987; Reynolds, 1998; Crayton & Sommerfield, 1979; Sant'Anna et al., 2008). Chorus & Bartram (1999) afirmam que, à medida que ocorre a decomposição dos esgotos ao longo das lagoas de estabilização, o número de espécies nos seus efluentes e lançadas nos corpos d'água receptores vai geralmente diminuindo.

De acordo com (Harsha & Malammanavar, 2004), a alta turbidez e elevados teores de sólidos dissolvidos favorecem o crescimento de cianofíceas. A presença de alta densidade de cianofíceas indica alta carga de poluentes e condição rica em nutrientes (Muhammad et al., 2005; Tas & Gonulol, 2007). Segundo Chorus & Bartram (1999), pode ser considerada floração densidades acima de 10.000 células/mL de cianobactérias.

As Figuras 2 a 4 ilustram da distribuição sazonal de densidades nos efluentes das lagoas mais ricas em cianobactérias: Ipeúna - LF5, Santa Lúcia - LF8 e Santa Eudóxia - LF9, para os doze meses de amostragem. Na lagoa da Ipeúna não foi feita amostragem nos meses de julho de 2012 e janeiro de 2013.

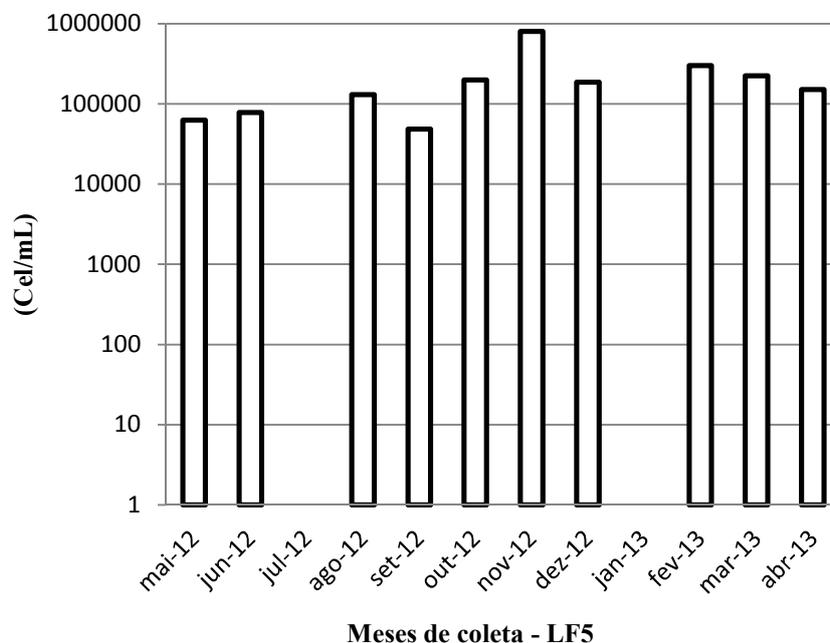


Fig. 2 - Densidades de cianobactérias no efluente da lagoa de Ipeúna.

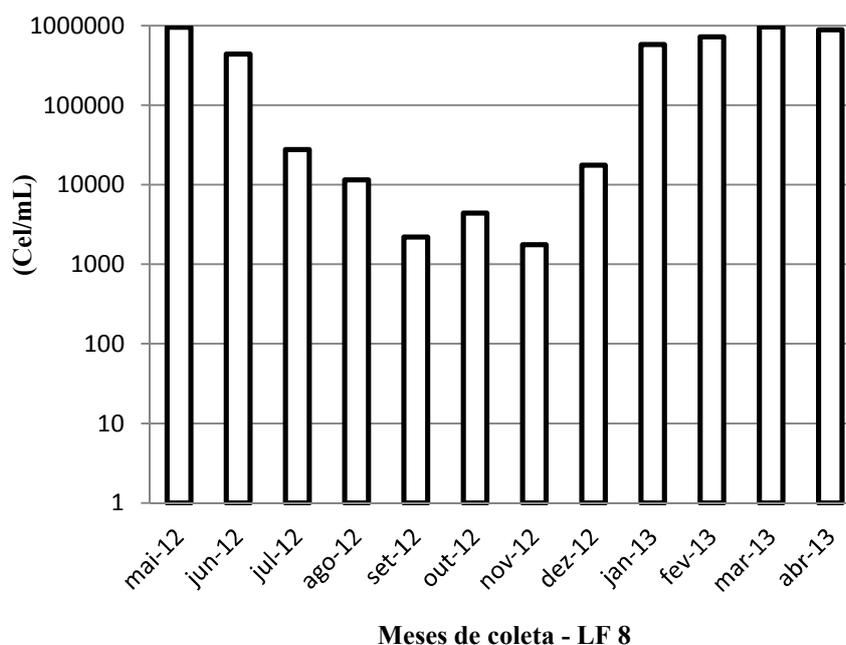


Fig. 3 - Densidades de cianobactérias no efluente da lagoa de Santa Lúcia.

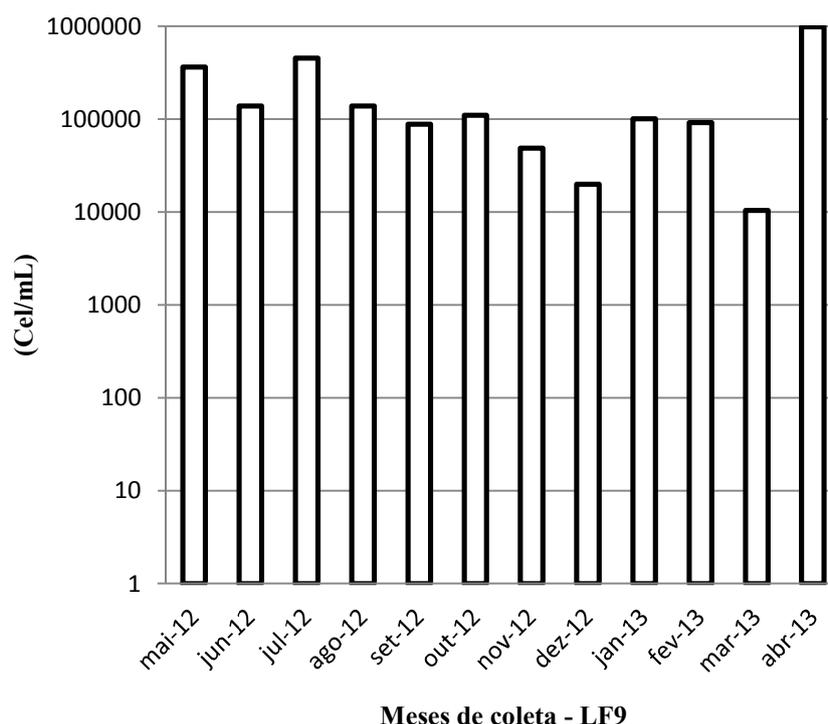


Fig. 4 - Densidades de cianobactérias no efluente da lagoa de Santa Eudóxia.

Elevadas densidades, superiores a 20.000 células/mL nos efluentes tratados, merecem atenção e pesquisa sistemática e detalhada, pois, dependendo da vazão e das condições de diluição e ambientais (potencial para florações) dos corpos d'água receptores, podem resultar nos mesmos valores acima dos limites legais previstos na Resolução 357/2005 do CONAMA, cuja menor densidade é 20.000 cel/mL para corpos d'água pertencentes a Classe 1, pouco poluídos, e 100.000 cel/mL para corpos d'água poluídos, de Classe 3 (BRASIL, 2005).

Variações sazonais das concentrações de cianobactérias, com máximas nos meses mais ensolarados, também foram verificadas nos estudos de Oswald (1988) e Zulkifli (1992). Observa-se nos dias atuais grande proliferação de florações de cianobactérias que ocorrem em ecossistemas de água doce em todas as latitudes e levam a preocupações crescentes para cientistas e gestores de recursos hídricos (Wilhelm et al., 2011). Damas (1964) acredita que na região intertropical os máximos de plâncton podem aparecer em qualquer estação do ano. Segundo Paerl & Otten (2013), para elucidar as verdadeiras causas das flutuações nas populações de algas e mixofíceas, seriam necessários estudos apropriados e específicos a cada caso.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As cianobactérias dominaram de um modo geral o crescimento da flora nas dez lagoas estudadas, com maior destaque para as lagoas das cidades de Santa Eudóxia, Santa Lúcia, Ipeúna e Analândia. Os três principais gêneros encontrados foram *Merismopedia*, *Pseudanabaena* e *Limnithrix*, sendo que a presença de *Merismopedia* é considerada comum em lagoas fotossintéticas ao redor do mundo.

Os resultados mostram a ocorrência de diversas espécies de cianobactérias e em elevadas concentrações, acima de 50000 células/mL, o que indica o risco de contaminação dos corpos

d'água receptores além dos limites dos padrões legais brasileiros de qualidade das águas para esses organismos.

Dentre outros gêneros registrados destacam-se *Planktothrix* e *Microcystis*, pois se relacionam à produção de cianotoxinas potencialmente tóxicas, evidenciando efluentes com maior risco aos corpos receptores e à saúde pública. Entretanto, no presente trabalho não foram detectadas concentrações significativas ou perigosas de cianotoxinas.

Portanto, é de grande importância mais e detalhados estudos envolvendo não só as lagoas de estabilização e suas condições operacionais, mas os corpos receptores e o monitoramento contínuo e sistemático dos mesmos em relação à presença de cianobactérias e, se necessário, de cianotoxinas.

Além disso, os órgãos ambientais e de vigilância sanitária, bem como os responsáveis pelo tratamento dos esgotos e abastecimento de água, devem redobrar sua atenção e monitorar a qualidade das águas, principalmente dos mananciais, quanto a ocorrência de cianobactérias e, eventualmente, de cianotoxinas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro concedido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)/MEC, Brasil, através de seu Programa Nacional de Pós-Doutorado (PNPD)/ 2011.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]-Abdel-Raouf, N., Al-Homaidan, A.A., Ibraheem, I.B.M. (2012). Microalgae and wastewater treatment. *Saudi Journal of Biological Sciences* 19: 257-275
- [2]-Anagnostidis, K. & Komárek, J. (1988). Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3. Oscillatoriales. *Archiv für Hydrobiologie, Supplement* 80: 327-472
- [3]-Andersson A, Meier HEM, Ripszam M, Rowe O, Wikner J, Haglund P, Eilola K, Legrand C, Figueroa D, Paczkowska J, Lindehoff E, Tysklind M, Elmgren R (2015) Projected future climate change and Baltic Sea ecosystem management. *Ambio* 44 Suppl 3: 345-356.
- [4]-Anderson, P & J. Throndsen (2003). Estimating cell numbers. In Hallegraeff, G.M. Anderson D.M. & A.D. Cembella (eds) *Manual on Harmful Marine Microalgae*. Monogr. on Oceanogr. Method. no. 11. p.99-130. UNESCO Publishing, Paris.
- [5]-Aquino, E.P.; Lacerda, S.R.; Freitas, A.I.G. (2010). Cianobactérias das lagoas de tratamento de esgoto no semi-árido nordestino (Ceará, Brasil). *INSULA* 39: 34-46.
- [6]-Aquino, E. P.; Oliveira, E. C. C.; Fernandes, U. L. & Lacerda, S. R. (2011). Fitoplâncton de uma lagoa de estabilização no nordeste do Brasil. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.* 15(1):71-77.
- [7]-Azevedo, S. M. F. O. & Vasconcelos, V. (2006). Toxinas de cianobactérias: causas e consequências para a saúde pública. In: ' *Ecotoxicologia aquática* '. Princípios e Aplicações. P. A. Zagatto & E. Bertolotti (Eds.): 433-452. Ed. Rima.

- [8]-Blomqvist, P. (2001). Phytoplankton responses to biomanipulated grazing pressure and nutrient additions-enclosure studies in unlimed and limed Lake Njupfatet, central Sweden. *Environmental Pollution*, 111(2), 333-348.
- [9]-Brasil. Resolução CONAMA n ° 357 de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA. Diário Oficial da União. Brasília, 2005.
- [10]-Brettum, P. (1989). Algen als Indikatoren für die Gewässerqualität in norwegischen Binnenseen. Norsk institute for vannforskning NIVA. Oslo. Norway.
- [11]-Calijuri, M. C.; Alves, M. S. A.; Dos Santos, A. C. A. (2006). Cianobactérias e Cianotoxinas em Águas Continentais. São Carlos: Rima, 118 p.
- [12]-Chorus, I., & Bartram, J. (Eds.). (1999). Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management. New York: Spon Press, p. 1-40. 1999.
- [13]-Crayton, W. M., & Sommerfield, M. R. (1979). Composition and abundance of phytoplankton in tributaries of the lower Colorado river, Grand Canyon region. *Hydrobiologia*, 66, 81-93.
- [14]-Desikachary, T.V. (1959). Cyanophyta. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi, pp. 686.
- [15]-Furey, A.; Crowley, J.; Hamilton, B.; Lehane, M.; James, K. J. (2005). Strategies to avoid the mis-identification of anatoxin-a using mass spectrometry in the forensic investigation of acute neurotoxic poisoning. *Journal of Chromatography A*, n. 1082, p. 91-97.
- [16]-Furtado, A. L. F. F.; Calijuri, M. C.; Lorenzi, A. S.; Honda, R. Y.; Genuário, D. B.; Fiore, M. F. (2009). Morphological and molecular characterization of cyanobacteria from a Brazilian facultative wastewater stabilization pond and evaluation of microcystin production. *Hydrobiologia*, Vol. 327, p. 195-209
- [17]-Graham, J.L, Jones, J.R., Jones, S.B., Clevenger, T.E. (2006) Spatial and temporal dynamics of microcystin in a Missouri reservoir. *Lake and Reservoir Management* 22: 59-68.
- [18]-Harsha, T.S., Malammanavar, S.G. (2004). Assessment of phytoplankton density in relation to environmental variables in Gopalaswamy pond at Chitradurga, Karnataka. *J. Environ. Biol.* 25, 113-116.
- [19]-Karadžić, V., Subakov-Simić, G., Natić, D., Ržaničanin, A., Ćirić, M. and Z. Gačić (2013). Changes in the phytoplankton community and dominance of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Wolosz.) Subba Raju in a temperate lowland river (Ponjavica, Serbia). *Hydrobiologia* 711, 43-60.
- [20]-Komárek, J., Anagnostidis, K. (1989). Modern approach to the classification system of Cyanophytes 4 - Nostocales. *Algological Studies* 56: 247-345.
- [21]-Komárek, J. & Anagnostidis, K. (1999). Cyanoprokaryota. 1. Chroococcales. In: Süßwasserflora von Mitteleuropa. Begründet von A. Pascher. Band 19/1. (Ettl, H., Gärtner, G., Heynig, H. & Mollenhauer, D. Eds), pp. 1-548. Heidelberg & Berlin: Spektrum, Akademischer Verlag.

- [22]-Komárek, J. & Anagnostidis, K. (2000). Cyanoprokaryota. 1. Teil, Chroococcales. In: Ettl H, Gartner G, Heynig H, Mollenhauer D ed. Süsswasserflora von Mitteleuropa 19(1). Jena, Gustav Fisher. P. 548.
- [23]-Komárek, J. & Anagnostidis, K. (2005): Cyanoprokaryota 2. Teil/ 2nd Part: Oscillatoriales. - In: BÜDEL B., KRIENITZ L., GÄRTNER G. & SCHAGERL M. (eds): Süsswasserflora von Mitteleuropa 19/2, Elsevier/Spektrum, Heidelberg, 759 pp.
- [24]-Komárek, J. & Cronberg, G. (2001). Some Chroococcalean and Oscillatorialean Cyanoprokaryotes from Southern African lakes, ponds and pools. Nova Hedwigia 73: 129-160.
- [25]-König, A.; Sousa, M. S. M.; Costa, N. A. F.; Freitas, V. L. B.; Ceballos, B. S. O. (1999). Variação nictemeral da qualidade do efluente final de uma lagoa facultativa secundária e a influência das algas. In: 20º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 1999, Rio de Janeiro, Anais... Rio de Janeiro: ABES, 1999, p. 587-595.
- [26]-Knoppers, BA, SS Opitz, MP de Souza & CF MigueZ. 1984. The spatial distribution of particulate organic matter and some physical and chemical water properties in Conceição Lagoon; Santa Catarina, Brazil (July 19, 1982). Arquivos de Biologia e Tecnologia, 27 (1): 59-77.
- [27]-Kosten, S., Huszar, V.L.M., Be'cares, E., Costa, L.S., Van Donk E.& Hansson, L.-A. (2012). Warmer climates boost cyanobacterial dominance in shallow lakes. Global Change Biology 18, 118-126
- [28]-Lorena, L. (2015). Distribution pattern of picoplankton carbon biomass linked to mesoscale dynamics in the southern gulf of Mexico during winter conditions. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers, Volume 106, December 2015, Pages 55-67.
- [29]-Muhammad, A., Salam, A., Sumayya, I., Tasveer, Z.B., Qureshi, K. A., 2005. Studies on monthly variations in biological and physicochemical parameters of brackish water fish pond, Muzaffargarh, Pakistan. J. Res. (Sci.) 16, 27-38.
- [30]-Oswald, W.J. (1988). Micro-algae and waste-water treatment, in Micro-algal biotechnology, M.A. Borowitzka and L.J. Borowitzka, Editors. Cambridge University press: Cambridge. p. 305-328.
- [31]-Padisák, J. (1997). *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya et Subba Raju, an expanding highly adaptive cyanobacterium: worldwide distribution and review of its ecology. Arch. Hydrobiol. Suppl. 107:563-593.
- [32]-Pearl, H.W., Otten, T.G. (2013). Harmful cyanobacterial blooms: causes, consequences, and controls. Microb. Ecol. 65, 995e1010.
- [33]-Pearson, H.W. (1987). Algae associated with sewage treatment. In: Microbial Technology in the Developing World. (Ed. E.J. da Silva, Y.R. Dommergues, E.J. Nyns and C. Ratledge). News York: Oxford University Press, p 260-288.
- [34]-Prentice, M. J. (2008). Temporal and spatial variations of cyanobacteria in Karori Reservoir, Wellington (Thesis, Master of Science (MSc)). The University of Waikato. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10289/2363>

- [35]-Reynolds, C. (1984). The ecology of freshwater phytoplankton. Freshwater Biol. Ass., Cambridge Univ. Press. Cambridge.
- [36]-Reynolds, C. S. (1987) Community organization in the freshwater plankton. Symp. Br. Ecol. Soc., 27, 297-325.
- [37]-Reynolds, C. S. (1998). What factors influence the species composition of phytoplankton in lakes of different trophic status? *Hydrobiologia*, 369-370, 11-26
- [38]-Reynolds, C. S. Ecology of phytoplankton. Cambridge: Cambridge University Press. 535p, 2006.
- [39]-Rosales-Loaiza, N., Guevara, M., Lodeiros, C., Morales, E. (2008). Crecimiento y producción de metabolitos de la cianobacteria marina *Synechococcus* sp. (Chroococcales) en función de la irradiancia. *Rev. Biol. Trop.* 56 (2): 421-9.
- [40]-Sangita Ganesh, Darren J Parris, Edward F DeLong, & Frank J Stewart. (2014). Metagenomic analysis of size-fractionated picoplankton in a marine oxygen minimum zone. *The ISME Journal*, 8: 187-211.
- [41]-Sant'Anna, C. L.; Azevedo, M. T. P.; Werner, V. R.; Dogo, C. R.; Rios, F. R.; Carvalho, L. R. (2008). Review of toxic species of cyanobacteria in Brazil. *Algological Studies*, Vol. 126, p. 251-265.
- [42]-Sant'Anna, C.L. & Azevedo, M.T.P. (2000). Contribution to the knowledge of potentially toxic Cyanobacteria from Brazil. *Nova Hedwigia*, v.71, p.359-385
- [43]-Santos, A.P.M.E. dos; Bracarense, A.P.F.R.L. (2008). Hepatotoxicidade associada à microcistina. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, v. 29, n. 2, p. 417-430.
- [44]-Sarika S. Maske, Lalita Narendra Sangolkar, Tapan Chakrabarti (2010). Temporal variation in density and diversity of cyanobacteria and cyanotoxins in lakes at Nagpur (Maharashtra State), India. *Environmental Monitoring and Assessment* Volume 169, Issue 1-4, pp 299-308.
- [45]-Sheath, R.G., Morgan, L.V., Hambrook, J.A. & Cole, K.M. (1996). Tundra stream, macroalgae of North. America: composition, distribution and physiological adaptations. *Hydrobiologia* 336: 67-82.
- [46]-Sheath, R.G. & Muller, K.M. (1997). Distribution of stream macroalgae in four high Arctic drainage basins.
- [47]-Sivonen, K., Jones, G. (1999). Cyanobacterial toxins. In: Chorus I, Bartram J, eds, *Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring and Management*, London, Spon Press, pp. 41-111.
- [48]-Smith, V.H. (1983). Low nitrogen to phosphorous ratios favours dominance by blue-green algae in lake phytoplankton. *Science* 221, 669-670.
- [49]-Smith, L., Boyer, G., Zimba, P.V. (2008). A review of cyanobacterial odorous and bioactive metabolites: Impacts and management alternatives in aquaculture. *Aquaculture*. 280: 5-20.

- [50]-Soltero-Santos, R.B.; sousa-silva, C. R.; Verani, N.F.; Nonaka, K.; Rocha, O. (2005). Toxicity of a cyanobacteria bloom in Barra Bonita Reservoir (Middle Tiete River, São Paulo, Brazil). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 64, p. 163-170.
- [51]-Sompong, U., Hawkins, P.R., Besley, C. & Peerapornpisal, Y. (2005). The distribution of cyanobacteria across physical and chemical gradients in northern Thailand. *FEMS Microbiol Ecol* 52: 365-376.
- [52]-Tsukamoto, R.; Takahashi, N. (2007). Cianobactérias, Civilização, Problemas para Saúde, Aquicultura, Natureza. Disponível em http://arruda.rits.org.br/oeco/reading/oeco/reading/pdf/cianobacterias_2007_02.pdf. Acesso em 07/05/2016.
- [53]-Tang, E.P.Y., Vincent, W. F., Proul, D., Lessard, P. & Noüe, J. de la. (1997). Polar cyanobacteria versus green algae for tertiary waste-water treatment in cool climates. *Journal of Applied Phycology* 9: 371-381.
- [54]-Tas, B., Gonulol, A. (2007). An ecological and taxonomic study on phytoplankton of a shallow lake, Turkey. *J. Environ. Biol.* 28, 439- 445.
- [55]-Taton, A., Grubisic, S., Balthasart, P., Hodgson, D.A., Laybourn-Parry, J. & Wilmotte, A. (2006). Biogeographical distribution and ecological ranges of benthic cyanobacteria in East Antarctic lakes. *FEMS Microbiol Ecol*, 57: 272-289.
- [56]-Tian C., H. Pei W. Hu & J. Xie. (2012). Variation of cyanobacteria with different environmental conditions in Nansi Lake, China. *J. Environ. Sci.* 24: 1394-1402.
- [57]-Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkomnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Verhandlungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 9:1-38.
- [58]-Viali, L. Testes de hipóteses não paramétricos. Porto Alegre, Departamento de Estatística, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008. 43p.
- [59]-Vincent, W.F., Quesada, A. (2012). Cyanobacteria in high latitude lakes, rivers and seas. In: Whitton, B.A. (ed.) *Ecology of Cyanobacteria II* Springer, Dordrecht
- [60]-Whitton, B.A. & Potts, M. (2000). *The Ecology of Cyanobacteria: Their Diversity in Time and Space*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands, 669 pp.
- [61]-Wilhelm, S.W., Farnsley, S.E., Leclair, G.R., Layton, A.C., Satchwell, M.F., Debruyne, J.M., Boyer, G.L., Zhu, G., Paerl, H.W. (2011). The relationships between nutrients, cyanobacterial toxins and the microbial community in Taihu (Lake Tai), China. *Harmful Algae* 10:207- 215
- [62]-Zulkifli, H. (1992) *Traitement des eaux usées par lagunage à haut rendement: structure et dynamique des peuplements phytoplanktoniques*. Montpellier, France: Université Montpellier I. (Thèse de Doctorat).

ARTIGO REF: 6667

APLICAÇÃO DE FILOSOFIA COMPENSATÓRIA ATRAVÉS DA SUBSTITUIÇÃO DA BOCA DE LOBO POR POÇO ABSORVENTE E CANAL SUBSUPERFICIAL EM DRENAGEM URBANA: PESQUISA EXPERIMENTAL

José Eduardo da Silva Filho, Maria da Glória Braz^(*), Diego de Jesus Queiroz Rosa

Universidade Fumec, Faculdade de Engenharia e Arquitetura (FEA), Belo Horizonte, Brasil

^(*)*Email:* gloriabraz@fumec.br

RESUMO

Os projetos das sarjetas e das bocas de lobo são geralmente normatizados pelos municípios, mas a tipologia e referidas dimensões são definidas pela vazão de chegada, calculada conforme índice pluviométrico local e período de retorno da chuva, estipulado em projeto. É de extrema importância observar que a maior desvantagem desses dispositivos de engolimento é a frequente obstrução por detritos transportados pelas enxurradas, acarretando redução substancial em sua capacidade de esgotamento, devendo se considerar, ainda, que a manutenção das grelhas é, também, motivo de preocupação, haja vista a ruptura sistemática incidente sobre as mesmas, com conseqüente perigo à população [Braz et al, 2015]. Procurou-se, neste trabalho, estudar a substituição da grelha e boca de lobo por um poço absorvente, utilizando a mesma estrutura e dimensão, ligando-o a um canal subsuperficial, localizado abaixo da sarjeta e preenchido com um colchão de pedra de mão para dissipar a energia hidráulica. Para a visualização do comportamento do escoamento no poço absorvente e colchão de pedras foi utilizada uma solução de fenolftaleína, álcool, água e amônia, cuja cor púrpura pode evidenciar o caminhamento e o comportamento do fluido nos dispositivos. Dentro da filosofia compensatória das conseqüências da urbanização, pode-se dizer que os dispositivos ensaiados se inserem dentro do conceito ambiental de drenagem urbana [Lima & Coelho, 2007], que, neste contexto, não mais procura eliminar a água rapidamente, sendo importante a diminuição das enchentes por meio de dispositivos integrados e funcionais.

INTRODUÇÃO

As bocas de lobo são estruturas hidráulicas destinadas a interceptar as águas escoadas pela sarjeta e encaminhá-las às galerias pluviais. Esses dispositivos tem forma de caixas coletoras e são construídos em alvenaria. Conforme a necessidade de drenagem, podem ser simples ou múltiplos e equipados com grelhas pré-moldadas de concreto ou de ferro fundido (Souza, 1986).

Os projetos das sarjetas e das bocas de lobo são geralmente normatizados pelos municípios, mas a tipologia e referidas dimensões são definidas pela vazão de chegada, calculada conforme índice pluviométrico local e período de retorno da chuva, estabelecido em projeto.

É de extrema importância observar que a maior desvantagem desses dispositivos de engolimento é a frequente obstrução por detritos transportados pelas enxurradas e, até mesmo, descartados pela população residente no local, acarretando redução substancial em sua capacidade de esgotamento. A figura 1, abaixo, exemplifica alguns tipos de obstrução.



Fig. 1 - Retirada de entulho e lixo em bocas de lobo de Belo Horizonte
Fonte: <http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh>

Deve-se considerar, ainda, que a manutenção das grelhas é, também, motivo de preocupação, haja vista a ruptura sistemática incidente sobre as mesmas, com conseqüente perigo à população, conforme mostrado na figura 2, a seguir.



Fig.2 - Boca de lobo sem grelha - perigo aos transeuntes
Fonte: www.folhadaregiao.com.br

Mesmo sendo elemento de grande importância na dinâmica do processo captação/escoamento nos sistemas de drenagem urbana, as pesquisas, até então, não possuem demasiada abrangência sobre todas as condições de projeto que envolvem as bocas de lobo.

OBJETIVOS

As particularidades e dimensões dos sistemas de drenagem urbana, principalmente nos grandes centros, colocam os problemas referentes às inundações em patamares significativamente complexos, de difícil solução e custos elevados.

Assim, é de grande importância que se consiga promover a infiltração e/ou retenção das águas pluviais, no sentido de se evitar as consequências das vazões de pico, haja vista que a sua regularização induzirá a proximidade de comportamento análogo ao ciclo hidrológico natural.

O objetivo do presente trabalho foi estudar e analisar, em modelo reduzido, um sistema de microdrenagem que substituísse as bocas de lobo e galerias de pequenas dimensões utilizando-se para tanto a troca da tampa da boca de lobo por pavimento poroso, a caixa de recebimento por um poço absorvente acoplado a um canal subsuperficial para conduzir o fluxo em substituição das galerias de menor porte.

Ressalta-se que não existe, até o momento, literatura que associa esses elementos em tamanha profundidade e que, além disso, utiliza a modelagem física para visualizar o comportamento associado dos referidos dispositivos de drenagem.

METODOLOGIA

O presente estudo seguiu as diretrizes da pesquisa de Braz et al (2015) que utilizou um modelo físico para estudar a eficiência hidráulica para as bocas de lobo em vias com interseção de greides. A escala básica para o modelo hidráulico foi a escala geométrica, que depende da característica a ser estudada e do espaço físico disponível para a implantação do modelo. Posteriormente à adoção do valor da escala geométrica, utilizou-se a semelhança dinâmica na determinação das outras escalas necessárias à condição de semelhança ao protótipo. Dado que a força dominante, nesse caso específico, é a força gravitacional, o escoamento foi modelado com base na semelhança do número de Froude.

Para a construção do modelo, adotou-se as dimensões da sarjeta tipo B, muito utilizada em ruas da cidade de Belo Horizonte, com declividade maior ou igual a 0,5% e igual ou inferior a 16%; (PBH, 2008), tendo sido construído em acrílico e instalado no laboratório didático de hidráulica da Faculdade de Engenharia e Arquitetura, mantendo-se a escala 1:10 e todas as características utilizada por Braz et al (2015), à exceção da substituição da grelha e boca de lobo por pavimento poroso/poço absorvente, utilizando a mesma estrutura e dimensão da boca de lobo, ligando-o a um canal subsuperficial, localizado abaixo da sarjeta e preenchido com um colchão de pedra de mão para dissipar a energia hidráulica.

É importante ressaltar que o pavimento poroso foi preenchido com areia fina lavada para que a sua capacidade de absorção fosse reduzida à proporcionalidade do modelo físico. A figura 3 mostra esse detalhe construtivo e as figuras 4 e 5, mostram a vista e detalhe do dreno receptor da sarjeta e esgotamento da vazão infiltrada, respectivamente.



Fig. 3 - Detalhe do preenchimento do pavimento poroso com areia



Fig. 4 - Vista do modelo reduzido em acrílico com as referidas substituições para o estudo



Fig. 5 - Detalhe do dreno receptor do escoamento da sarjeta e da tomada para medição da vazão infiltrada/retida

RESULTADOS OBTIDOS

Foram testadas, primeiramente, as bocas de lobo simples instaladas em sarjeta tipo B, padrão SUDECAP (PBH, 2008), com declividades longitudinais variando de 1 a 10%. Para a visualização do comportamento da absorção e condução da vazão, utilizou-se para a visualização do escoamento uma solução de fenolftaleína, álcool, água e amônia, cuja cor púrpura pode evidenciar o caminhamento e o comportamento do fluido nos dispositivos. As figuras 6 e 7, abaixo, apresentam duas das etapas do experimento.



Fig. 6 - Visualização superficial do início, absorção e escoamento residual a jusante do poço absorvente.

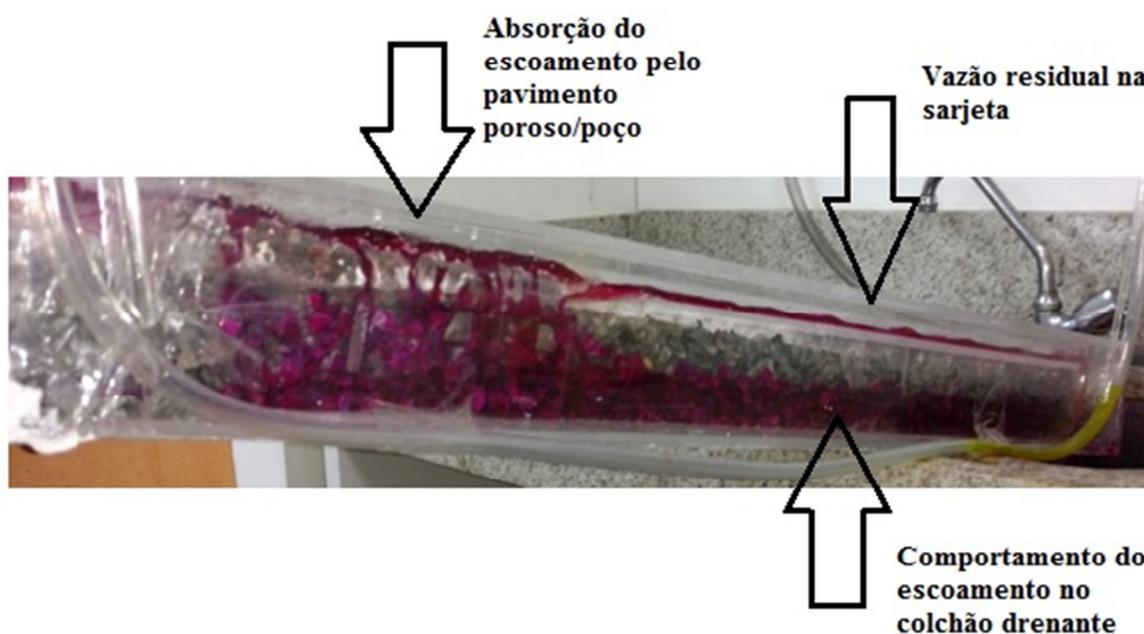


Fig. 7 - Visualização da absorção, escoamento no colchão drenante e escoamento residual a jusante do poço absorvente.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Estão sendo efetuados vários experimentos variando declividades de greide e vazão, bem como avaliação estatística com relação à capacidade de absorção do poço e condução do canal subsuperficial, obtendo-se resultados satisfatórios de condução e absorção de vazões referentes a tempos de retorno adotados em microdrenagem para poços com as dimensões iguais ou maiores que as bocas de lobo simples, sem contar com a redução significativa de pico e aumento no tempo de resposta para jusante.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Nos sistemas clássicos de drenagem urbana, as águas pluviais são captadas e conduzidas a condutos artificiais e lançadas em corpos d'água rapidamente. Esses sistemas se constituem de elementos de captação e de condução dos volumes escoados, com a configuração de condutos livres, abertos ou fechados, auxiliados, em algumas circunstâncias, por obras complementares, a saber, dissipadores de energia e, até mesmo, bueiros.

No Brasil, o Ministério das Cidades coordena o programa de drenagem urbana sustentável, assegurando ações indispensáveis para a implantação e sucesso dos sistemas de recuperação, prevenção, controle e mitigação dos impactos gerados pelas enchentes urbanas. Esse programa contempla intervenções estruturais voltadas para a execução de obras que privilegiem a redução, retardamento e amortecimento do escoamento das águas pluviais.

Nesse sentido este trabalho justifica-se por se encontrar dentro da filosofia compensatória das consequências da urbanização, podendo-se dizer que os dispositivos ensaiados se inserem dentro do conceito ambiental de drenagem urbana, que, neste contexto, não mais procura eliminar a água rapidamente, sendo importante a diminuição das enchentes por meio de dispositivos integrados e funcionais.

REFERÊNCIAS

- [1]-Braz, M.G., Ferreira, M.E.V., Fernandes, N.A. Desempenho hidráulico de bocas de lobo com depressão em pontos baixos de vias: pesquisa experimental in Anais do 28º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, RJ, 2015.
- [2]-Lima, J. G. A., Coelho, M. M. L. P. Avaliação das capacidades das sarjetas e bocas de lobo in Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte, MG, 2007.
- [3]-PBH: Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. Caderno de encargos da SUDECAP, 2008. 3ª Edição.

ARTIGO REF: 6710

ENERGIAS “OFFSHORE” E GEORECURSOS MARINHOS: PERSPECTIVAS DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

A. Barata da Rocha^(*), J. Góis

Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, Rua Dr. Roberto Frias, Porto, Portugal

^(*)Email: abrocha@inegi.up.pt

RESUMO

Os modelos de sociedade contemporâneos, os atuais padrões de consumo e as necessidades futuras para manter o desenvolvimento da humanidade, assentam em pressupostos, que passam pela crescente necessidade energética e pelo aumento da procura de recursos minerais.

Os atuais paradigmas de exploração e aproveitamento destes recursos encontram-se maioritariamente centrados em territórios emersos. No entanto, no caso da extração de combustíveis fósseis, já se assiste, há vários anos, à migração do “onshore” para o “offshore”.

A escassez futura de recursos energéticos e minerais obrigará, inevitavelmente, a novos desenvolvimentos tecnológicos que permitam a sua extração em ambiente marinho.

Este artigo, após um enquadramento conceptual e estratégico, apresenta algumas reflexões sobre as tecnologias disponíveis para a exploração de recursos energéticos e minerais “offshore” e analisa o estado de maturidade das diferentes tecnologias atualmente existentes.

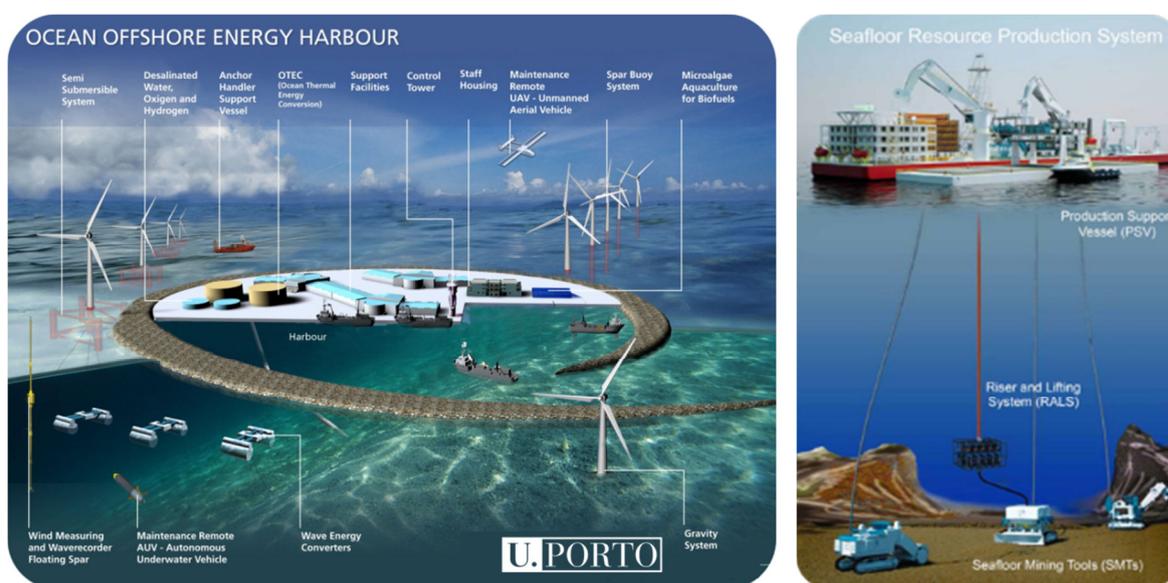


Fig. 1 - Visão futurista de uma estação de exploração de recursos energéticos e minerais “offshore”.

A proposta de extensão da plataforma continental portuguesa permitirá ter acesso aos recursos existentes no subsolo oceânico (com mais de 4 Milhões de Km²), deixando antever um imenso desafio tecnológico que urge planear.

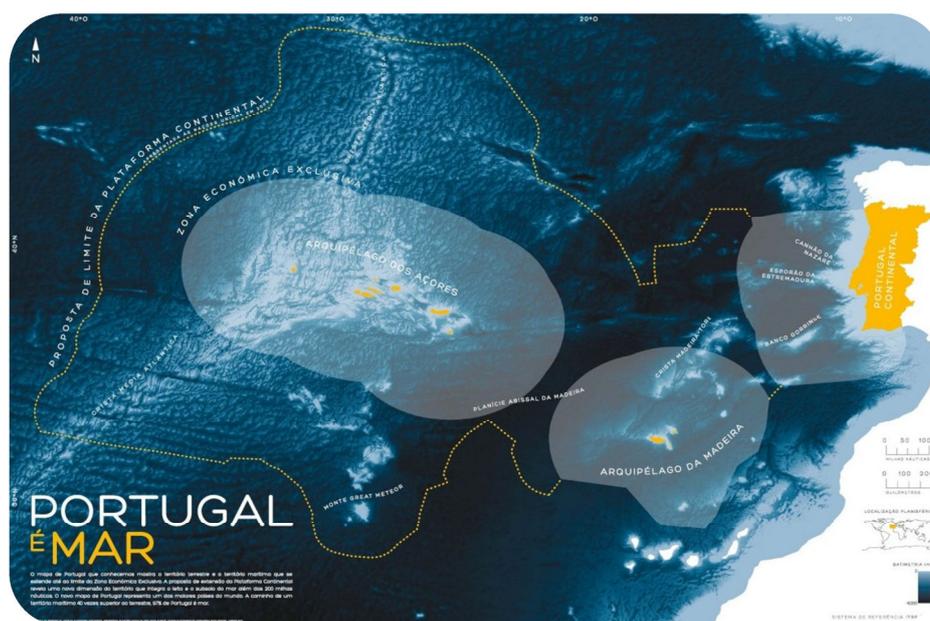


Fig. 2 - Proposta de Extensão da Plataforma Continental, submetida por Portugal à Comissão de Limites da Plataforma Continental das Nações Unidas.

Neste artigo são igualmente abordadas algumas das potencialidades que o aproveitamento dos recursos energéticos e georecursos marinhos do Mar Português oferecem e salienta-se a necessidade de cooperação internacional capaz de operacionalizar a exploração destes recursos.

REFERÊNCIAS:

- [1]-Estrutura de Missão para a Extensão da Plataforma Continental Portuguesa, disponível em <https://www.emepc.pt/pt/quem-somos-emepc/missao>.
- [2]-Estratégia Nacional para o Mar, 2013-2020, disponível em: <http://www.dgpm.mam.gov.pt/Documents/ENM.pdf>.
- [3]-Augusto Barata da Rocha et al., 2010 - Marine Renewable Energy, Research Challenges and Opportunities for a new Energy Era in Europe, European Science Foundation, disponível em: <http://www.esf.org/publications/marine-sciences.html>.
- [4]-Nautilus Minerals, disponível em: <http://www.nautilusminerals.com/IRM/content/default.aspx>.

ARTIGO REF: 6778

MODELAÇÃO DA ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL DE PRAIAS NA COSTA DO SOL

Lara Vanessa Allen Moty Carimo^(*), Jaime Palalane

Universidade Eduardo Mondlane, Depart. Eng^a Civil (DECI), Maputo, Moçambique

^(*)Email: lara.acarimo@gmail.com

RESUMO

As intervenções de protecção costeira são um meio de minimizar os efeitos da agitação marítima sobre a costa e/ou melhorar a resiliência da costa a estas acções. Realizou-se recentemente na Praia da Costa do Sol uma intervenção de protecção costeira que, segundo o CMM [2015], consistiu em reabilitar as obras de protecção já existentes (paredões, esporões e revestimentos) e numa alimentação artificial de praias associada a um novo campo de esporões (Figura 1). Sendo a alimentação artificial de praias uma intervenção de protecção costeira recente no país vê-se a necessidade e importância de explorar métodos para analisar seu desempenho.

Neste contexto, no presente trabalho fez-se a modelação da alimentação artificial de praias na Praia da Costa do Sol, com o objectivo de simular a evolução temporal e espacial da mesma. Este estudo também servirá para comparação com a evolução futura e para analisar as melhores formas de otimizar futuras intervenções.



Fig. 1 - Área de estudo antes e após a recente intervenção de protecção costeira (Imagens adaptadas do Google Earth)

A área de estudo localiza-se num trecho da costa abrigado pela Baía de Maputo, no Município de Maputo, entre o Restaurante Costa do Sol (limite Norte) e o Hotel Southern Sun (limite Sul, Figura 1). Esta caracteriza-se por batimetria pouco profunda, agitação marítima pouco energética. Apesar da agitação marítima pouco energética, caracteriza-se por um recuo de médio da linha da costa em torno de 0.8m/ano, conforme estimado pelos dados dos levantamentos de Björnberg & Wahlström [2012], entre 2000 a 2012.

O presente trabalho envolveu levantamentos de campo e posterior processamento de dados, propagação de ondas do largo para o interior da Baía de Maputo, e a modelação do transporte de sedimentos e evolução do perfil de praia e da linha da costa.

Os levantamentos de campo foram realizados com o objectivo de colher o máximo possível de dados de campo para a propagação de ondas e para a modelação do transporte de sedimentos. Estes compreenderam a realização das seguintes actividades: (1) levantamentos batimétricos com o uso de um ecobatímetro e o seu posterior processamento no QGIS; (2) levantamentos altimétricos/topográficos da posição da linha da costa e perfis de praia entre esporões com uso de GPS diferenciais, com a finalidade de obter dados para a modelação da evolução do perfil e da linha da costa; (3) recolha de sedimentos em pontos característicos dos perfis de praia levantados, e a sua posterior análise granulométrica para a identificação do diâmetro médio.

Modelos empíricos, analíticos simples e numéricos, foram aplicados para prever a evolução da alimentação artificial da Praia da Costa do Sol. Foram estes: a relação simples de Dean [2000] para evolução transversal do perfil de praia alimentada até atingir o equilíbrio, o método Holandês aplicado inversamente, a equação de Pelnard-Considère adaptada à dispersão de sedimentos numa plataforma rectangular alimentada artificialmente, a equação de Pelnard-Considère adaptada ao transporte através de uma barreira de fluxo longitudinal (esporão), e o modelo numérico GENESIS. Estes métodos foram aplicados com o conhecimento da agitação marítima resultante da propagação de ondas do largo para costa e tendo em conta as vagas geradas por ventos locais no interior da baía. Essa propagação foi realizada com recurso ao modelo STWAVE.

Segundo Dean [2002], um projecto de alimentação artificial de praias é considerado um sucesso quando a metade da vida útil do projecto é de cinco anos a uma década. Verificou-se, pelos métodos aplicados, que a alimentação artificial de praias efectuada na Praia da Costa do Sol apresenta um volume que a confere uma vida útil satisfatória, estimada no mínimo em 9 anos. A equação de Pelnard-Considère adaptada à dispersão de sedimentos numa plataforma estimou em 18 anos o tempo para perda total de sedimentos, a equação de Pelnard-Considère adaptada ao transporte através do esporão em 9 anos, e o GENESIS estimou uma perda de pequena percentagem do volume alimentado em 10 anos. O resultado de dois dos métodos aplicados, equação de Pelnard-Considère adaptada ao transporte através de esporão e o modelo GENESIS, indicam que o campo de esporões faz uma boa retenção dos sedimentos e que a associação deste à alimentação artificial de praias contribui para a longevidade desta intervenção. O primeiro método estimou que apenas inicia-se a perda de sedimentos alimentados após 1.4 anos, e o segundo indicou que o volume de sedimentos estabiliza-se dentro do campo de esporões mantendo apenas um recuo mínimo em 10 anos. Dos diferentes métodos aplicados para prever a evolução da costa, o modelo GENESIS mostrou-se como a melhor ferramenta pela facilidade de aplicação e por melhor reproduzir a evolução pós-alimentação observada neste e em outros trechos da costa estudada.

REFERÊNCIAS

- [1]-Björnberg, S. e Wahlström, S. 2012 - Coastal erosion in Maputo, Mozambique. Governing processes and Mathematical modeling, Tese de Mestrado, Division of Water Resource Engineering - Department of Building and Environmental Technology - Lund University.
- [2]-Conselho Municipal da Cidade de Maputo. 2015 - Rehabilitation and Construction of Maputo City Coastal Protection, Final report, HAMZA/TÉCNICA, Município de Maputo.
- [3]-Dean, R. G. 2000 - Beach Nourishment Design: Reduction in Beach Width due to Profile Equilibration, Civil and Coastal Engineering Department - University of Florida, Florida.
- [4]-Dean, R.G. 2002 - Beach Nourishment. Theory and Practice, World Sci. Publishing.

ARTIGO REF: 6813

GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS EM BACIAS TRANSFRONTEIRIÇAS

Rodrigo Maia^(*)

Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil, Secção de Hidráulica,
Recursos Hídricos e Ambiente - Porto, Portugal

^(*)*Email: rmaia@fe.up.pt*

RESUMO

A gestão integrada de recursos hídricos, um dos objetivos centrais da Diretiva Quadro da Água, assume uma importância e uma dimensão acrescidas no âmbito de bacias hidrográficas transfronteiriças. De facto, na Europa, cerca de 60% da área corresponde a bacias hidrográficas que atravessam, pelo menos, uma fronteira nacional [WISE, 2008]. Para além dos desafios lançados pela Diretiva Quadro da Água ao nível nacional, é exigido um esforço ainda maior aos Estados-Membro no caso de bacias transfronteiriças.

No caso da Península Ibérica, Portugal e Espanha já celebraram diversos Tratados e Convenções desde o século XVIII, tendo em vista o estabelecimento de uma gestão e coordenação comuns dos recursos hídricos partilhados [Maia, 2008]. Até à implementação da Convenção de Albufeira, no ano de 1998, essa coordenação parecia ainda pouco efetiva e limitada. O novo impulso dado por esta Convenção, juntamente com a implementação da Diretiva Quadro da Água dois anos depois, levou a uma intensificação real dos esforços levados a cabo pelos dois países para uma gestão comum das cinco bacias hidrográficas partilhadas (Minho, Lima, Douro, Tejo e Guadiana) que representam pouco menos de 50% do território ibérico. No entanto, apesar dos muitos progressos conseguidos, várias áreas-chave como a gestão dos fenómenos extremos e a implementação de rede de monitorização hidrometeorológica comum continuam a representar desafios na agenda dos dois países. A CADC (Comissão para a Aplicação e o Desenvolvimento da Convenção sobre a Cooperação para a Proteção e o Aproveitamento Sustentável das Águas das Bacias Hidrográficas Luso-Espanholas) tem neste contexto vindo a desenvolver um papel preponderante, facilitando o entendimento e monitorizando os esforços levados a cabo pelos dois países.

Existem outros casos de sucesso na gestão partilhada de recursos hídricos na Europa, a escalas maiores, tais como as bacias internacionais do Danúbio e do Reno que possuem também Comissões próprias que procuram atender às necessidades e requisitos dos diferentes países ribeirinhos.

Fora da Europa, existem também obviamente numerosos casos de gestão de recursos hídricos em bacias transfronteiriças, com níveis e objetivos de cooperação muito distintos. Por motivos históricos, Portugal esteve envolvido na gestão de bacias transfronteiriças em África, nomeadamente em Angola e Moçambique. Um exemplo desse envolvimento é a bacia hidrográfica do rio Cunene, em Angola, partilhada com a Namíbia. No século passado, Portugal teve um papel importante na definição dos aproveitamentos hidráulicos a construir para permitir a regularização dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Cunene, de forma a garantir, não só a satisfação das necessidades em água na bacia na parte angolana, mas também assegurar que Angola pudesse cumprir com o Acordo assinado em 1969 com a Namíbia.

Atento o contexto sempre atual e desafiador da desejada cooperação internacional para a gestão dos recursos hídricos, este trabalho procurar atender a dois objetivos centrais: (i) o primeiro, apresentar um panorama atualizado da gestão de recursos hídricos transfronteiriços na Europa, focando o caso da Península Ibérica; (ii) o segundo, enfatizar e enquadrar os desafios reconhecidos e ainda existentes nessa gestão transfronteiriça noutras partes do Mundo, nomeadamente no continente africano. Depois de uma descrição da situação europeia mais geral, focando algumas bacias internacionais mais importantes, será feito um ponto de situação da gestão transfronteiriça a nível ibérico, procurando salientar os aspetos positivos, mas também evidenciar as áreas que ainda carecem de respostas efetivas, nomeadamente na perspetiva da elaboração de Planos de Gestão de Regiões Hidrográficas efetivamente coordenados ou mesmo comuns. Essa análise será alargada a outras bacias transfronteiriças mundiais, e nomeadamente em África, tais como a bacia hidrográfica do rio Limpopo em Moçambique e a bacia hidrográfica do rio Cunene em Angola.

REFERÊNCIAS

[1]-Maia R., The EU Water Framework Directive implementation in the Iberian context. 13th World Water Congress, Montpellier, France, September (2008).

[2]-WISE, Water Information System for Europe, Water Note 1 - Joining Forces for Europe's Shared Waters: Coordination in international river basin districts (2008).

ARTIGO REF: 6888

A VARIABILIDADE E AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NOS PROJETOS DE AMPLIAÇÃO E CONSTRUÇÃO DE NOVOS PORTOS

Fernando Veloso-Gomes^(*)

Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia (FEUP) e CIIMAR - Porto, Portugal, Portugal

^(*)*Email:* vgomes@fe.up.pt

RESUMO

Os principais fatores a considerar na conceção e projeto de infraestruturas portuárias são associáveis às ações das ondas e das vagas, marés astronómicas e meteorológicas, correntes com diversas origens, ventos, geologia dos fundos e da envolvente, dinâmicas e balanços sedimentares costeiros e estuarinos, fluxos fluviais de água e sedimentos, sismos, navios e equipamentos.

Os fenómenos extremos são um sinal de que existe uma natural variabilidade climática que é frequentemente “esquecida” pela sociedade mas que tem de estar presente nos projetos portuários através de cálculos com implicações na conceção e dimensionamento bem como em medidas prevenção e de adaptação de instalações existentes.

Os fenómenos extremos sempre estiveram e estarão associados à natural “variabilidade climática” adotando-se nos projetos de estruturas portuárias (quebramares) períodos de retorno que podem ser superiores a 100 anos (por exemplo para o cálculo da onda de projeto).

Intervenções antropogénicas, locais ou regionais, relativamente recentes podem agudizar as consequências dos fenómenos extremos.

Os portos estão a ser dotados com quebramares mais extensos e canais de navegação de acesso bem como terminais cada vez mais profundos. A areia que chega no trânsito litoral (corrente de deriva litoral) é depositada (a barlar dos quebramares ou nos canais de navegação) e tem de ser dragada por razões de operacionalidade e segurança. Como medida de mitigação, sempre que se dragam areias por razões de navegação, estas deveriam de ser colocadas no trânsito sedimentar natural.

Em cenários de alterações climáticas (resultantes de ações antropogénicas a uma escala global ou planetária), os acontecimentos extremos (intensidade e duração de temporais, inundações, alterações morfológicas) poderão passar a ser mais frequentes. Mudanças de rumos da agitação marítima poderão ter consequências nos projetos mais elevadas (dinâmica sedimentar ou mudanças no regime local de agitação) que a própria subida generalizada do nível médio das águas do mar (Coelho, C. et al. 2009, Baptista, P et al. 2014).

As “ações antropogénicas” podem ter escalas planetárias, escalas regionais ou escalas locais.

Às “alterações climáticas” (Nicolas Hoepffner et al 2006) estarão associadas escalas de tempo e escalas geográficas (globais e regionais) mais abrangentes que poderão implicar alterações nos padrões de tempestades no mar (duração, persistência, rumos e intensidades), na aceleração da subida generalizada dos níveis de água no mar e nas interações com as bacias hidrográficas, agravando ou tornando mais incertos os riscos costeiros.

Um determinado fenómeno (por exemplo agitação) terá uma variação temporal local essencialmente associada às variações climáticas naturais. As ações antropogénicas locais poderão atenuar essa variação (por exemplo com a construção de um quebramar). Mas as alterações climáticas (a nível planetário ou regional) poderão agravar toda a dinâmica. Coexistirão dinâmicas associáveis à variabilidade natural, ações antropogénicas locais e alterações climáticas não sendo frequentemente possível estabelecer fronteiras.

Face ao atual estado de conhecimentos e à elevada incerteza científica nas projeções a médio e longo termo, para a avaliação de medidas de adaptação e de mitigação a adotar no projeto de ampliação de um porto ou no projeto de construção de um novo porto, propõe-se uma metodologia com base em cenários potenciais de alterações globais no contexto do trinómio variabilidade climática, ações antropogénicas locais e regionais e alterações climáticas:

Variação do nível médio das águas do mar; Alteração de rumos da agitação marítima; Aumento da frequência de temporais no mar; Aumento da intensidade de temporais no mar; Aumento da duração de temporais no mar; Redução ou maior irregularidade no fornecimento de sedimentos às zonas costeiras a partir da rede hidrográfica; Aumento ou redução do escoamento superficial e sedimentar proveniente das zonas terrestres.

Apresentam-se exemplos de medidas de adaptação diretamente relacionáveis com infraestruturas portuárias, destacando-se:

O aumento das cotas e larguras dos coroamentos das estruturas existentes (quebramares, cais); O reforço estrutural de estruturas existentes; A redução de ângulos de talude e taludes mais dissipativos; O reforço das fundações; A alteração das configurações em planta (quebramares, docas); O aumento e a melhoria das intervenções de manutenção; O aumento das intervenções de dragagem, transposição de areias e alimentações de sedimentos a sotamar; A realocização / construção de novas estruturas portuárias; A consideração de novos tipos de estruturas mais dissipativas, adaptativas, resistentes e melhor integradas na paisagem e com valências multifuncionais incluindo a de colonização biológica; Soluções mistas que se complementem.

REFERÊNCIAS

- [1]-Baptista P., Coelho C., Pereira C., Benardes C., Veloso Gomes F. Beach morphology and shoreline evolution: Monitoring and modelling medium-term responses (Portuguese NW coast study site). *Coastal Engineering*, nº 84 (2014) 23-37.
- [2]-Coelho, C., Silva, R., Veloso-Gomes, F., Taveira-Pinto, F. Potential effects of climate change on northwest Portuguese coastal zones. *ICES Journal of Marine Science*, (2009) 1497-1507.
- [3]-Nicolas Hoepffner, Dowell M., Green D.R., Sanchez-Arcilla A., Veloso Gomes F., outros. Marine and Coastal Dimension of Climate Change in Europe. J.R.C., European Commission EUR 22554 (2006).

ARTIGO REF: 6903

OS ENSINAMENTOS ADQUIRIDOS COM A ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL DE AREIAS EM PRAIAS PORTUGUESAS COM ELEVADOS NÍVEIS ENERGÉTICOS

Fernando Veloso Gomes^(*)

Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia (FEUP) e CIIMAR, Porto, Portugal

^(*)*Email:* vgomes@fe.up.pt

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma síntese dos ensinamentos adquiridos com a alimentação artificial de areias em praias portuguesas com elevados níveis energéticos, de que se destacam as praias da Costa da Caparica, Matosinhos e Costa Nova.

As alimentações artificiais de praias com areias são intervenções que consistem na remoção de grandes quantidades de areias de um local (zona a barlamar de um quebramar, ou de um canal de navegação, ou de fundos marinhos afastados da costa), o seu transporte (em geral por draga ou batelão) e a sua colocação (deposição, repulsão) noutra local crítico ou num local a valorizar (praia, duna, zona submersa em frente a uma praia, aterro costeiro ou estuarino).

Os troços da costa norte portuguesa onde são mais visíveis os problemas de erosão estão a sotamar (a sul na costa oeste, a nascente na costa algarvia) dos portos comerciais e piscatórios.

A avaliação de incidências ambientais conduz frequentemente à conclusão de que este tipo de intervenção de defesa costeira é muito favorável especialmente nos casos em que seja possível escolher uma fonte sedimentar em ambiente marinho menos sensível (o caso dos canais de navegação e das áreas portuárias) com sedimentos de qualidade favorável e nos casos em que sejam utilizadas técnicas de deposição controladas. O défice sedimentar generalizado é o principal responsável pelos problemas erosivos na costa pelo que a alimentação artificial surge como uma medida de mitigação.

Em ambientes muito energéticos (clima de agitação, amplitudes de marés), as conclusões de uma análise custo versus benefício / eficácia que sustentem uma intervenção ou um programa de intervenções de alimentação, são extremamente dependentes do horizonte temporal a adotar para a permanência dos sedimentos depositados.

Se em ambientes menos energéticos (como na costa algarvia), esse horizonte de vida útil pode variar entre cinco anos (costa aberta) e algumas dezenas de anos (costa encaixada entre cabos naturais ou em campos de esporões), em ambientes muito energéticos será previsível que o horizonte de projeto possa ser de apenas alguns anos, exigindo operações de alimentação relativamente frequentes.

Neste caso de pequena durabilidade surgem por vezes algumas reações referindo que se trata de “atirar dinheiro para o mar”. O problema é que as outras alternativas de defesa costeira (esporões, estruturas aderentes, quebramares destacados) são tanto mais eficazes quanto menor for o défice sedimentar. Entende-se como défice sedimentar, para uma determinada área geográfica e escala temporal, a perda de volumes sedimentares em resultado de a capacidade natural da sua remoção por ação das ondas ser superior à capacidade de reposição.

A experiência adquirida com a alimentação da praia de Matosinhos (1993/1999, 1.8 milhões de m³), com areias dragadas no porto de Leixões, revela que as operações foram muito eficazes na engorda da extensão central e norte dessa praia (área protegida pelo quebramar do porto de Leixões). As operações possibilitaram também a formação de bancos submersos na extensão sul que melhoraram significativamente as condições para a prática do surf atraindo centenas de praticantes. No entanto, sem uma estrutura multifuncional que também contribua para a retenção de sedimentos, será muito problemática a engorda da praia emersa na extensão sul. Foi desenvolvido o estudo de conceção de um “pier” bem integrado e multifuncional (retenção de areias, passeio público, pesca de lazer à cana, apoio a salva-vidas, melhoria de condições locais para o surf).

A experiência adquirida com a alimentação das praias da Costa da Caparica / Cova do Vapor (2007, 2008, 2009, 2014, 3.5 milhões de m³) demonstra a necessidade de combinar as alimentações com outras intervenções de defesa costeira (campo de esporões, estrutura marginal aderente, reabilitação das dunas), executar um programa de execução de uma forma coerente e não sucessivamente interrompido e adiado por mudanças institucionais, monitorizar sem interromper o programa de acompanhamento em curso, aproveitar as areias dragadas no canal de navegação assumindo o custo adicional da deposição na praia e não o custo total da operação de interesse portuário, remover edificações (parques de campismo).

A experiência com a alimentação das praias da Costa Nova (em áreas submersas) deve levar a uma série reflexão sobre as razões para uma atuação tão tardia que ocorre quando se atingiu uma situação erosiva muito grave, só ao fim de algumas dezenas anos após o problema ter sido detetado e quando areia deixou de ter interesse para a construção civil, apesar de existirem propostas de alimentação ignoradas que constam de instrumentos de planeamento e de pareceres técnicos de quem teve de lidar com esses graves problemas de erosão e das suas consequências.

ARTIGO REF: 6913

ESTUDO DO TRATAMENTO BIOLÓGICO POR LAMAS ATIVADAS DE ÁGUAS RESIDUAIS COM SALINIDADE ELEVADA

Ana M. Tavares da Mata^(*)

Instituto Politécnico de Setúbal, Escola Superior de Tecnologia de Setúbal, Setúbal, Portugal

^(*)*Email:* ana.mata@estsetubal.ips.pt

RESUMO

Uma estação de tratamento de águas residuais (ETAR) pode em casos particulares receber efluentes com valores típicos nos vários parâmetros excepto nos cloretos (Cl). Isto acontece em ETARs que recebem efluentes provenientes de: Indústrias que utilizam salmouras, como queijarias e fábricas de pickles [Kincannon & Gaudy, 1966]; Processos de dessalinização, Infiltração de água do mar em coletores de zonas costeiras, Utilização de água do mar para água sanitária como por exemplo em Hong Kong [Hamoda & Al-Attar, 1995]; Aquaculturas, Efluentes de navios descarregados para tratamento [Intransungkha et al., 1999]; Indústria de conservas de peixe [Moon et al., 2002].

Este trabalho pretende contribuir para uma melhor compreensão da influência da salinidade numa ETAR urbana que recebia efluentes industriais com salinidade elevada e variável e cujo maior problema se relacionava com a separação sólido-líquido (decantação das lamias biológicas).

O sistema experimental consistiu num piloto de lamias ativadas composto por um tanque de arejamento ligado a um decantador cónico e respetivas bombas de alimentação e recirculação ajustadas para simular a ETAR em estudo. Foi colhida uma amostra do tanque de arejamento que serviu para encher o tanque de arejamento do piloto e o sistema foi alimentado em contínuo com água residual urbana (à qual foi adicionada salinidade no último ensaio). A salinidade do sistema variou entre 2,1 e 6,5 gNaCl/L. A sedimentação foi seguida pelo índice de volume de lamias (SVI) e por observação do tanque de sedimentação (material acrílico transparente). Foram também efetuadas observações microbiológicas às lamias ativadas por microscopia ótica.

Na Tabela 1 encontram-se os resultados dos ensaios realizados no piloto de lamias ativadas com diferentes salinidades. Estes resultados indicam que tanto o aumento como a diminuição da salinidade na água residual afetam a sedimentação de lamias. Mesmo para pequenas variações de ± 1 g NaCl/L.

A análise microbiológica das lamias indicou que não havia bactérias filamentosas e também se verificou que não existiu ocorrência de desnitrificação no tanque de sedimentação, causas comuns da má sedimentação da biomassa em sistemas de lamias ativadas.

Concluiu-se que o problema da má sedimentação das lamias biológicas parece estar relacionado com fenómenos físicos relacionados com alterações da densidade da água residual como referido por Kincannon & Gaudy [1966]. A homogeneização do meio no decantador demora muito tempo devido às condições de quiescência do mesmo. Por exemplo, um aumento da salinidade pode induzir a ascensão do manto de lamias, como observado, pois a água residual que está a entrar no decantador tem maior salinidade, movendo-se por isso para o fundo do decantador.

Tabela 1 - Resultados obtidos no reator piloto de lamas ativadas

Piloto de lamas ativadas	Δ Chloride (mg/L)	Δ NaCl (g/L)	SVI (mL/g)	Observação visual da sedimentação das lamas biológicas
Diminuição de Cloretos 4,1 -> 2,9 g/L NaCl em 19h	- 690	- 1,1	360	Sem lamas à superfície, má sedimentação, movimento ascensional do manto de lamas.
Manutenção do teor em Cloretos 2,1 -> 2,1 g/L NaCl em 40h	0	0	150	Sem lamas à superfície, boa sedimentação, cor normal.
Aumento de Cloretos 2,1 -> 3,5 g/L NaCl em 3h40	+ 850	+ 1,4	185	Algumas lamas dispersas à superfície, sedimentação satisfatória, desenvolvimento de uma cor amarelada.
Aumento de cloretos* 3,5 -> 6,5g/L NaCl em 1h40 (*adição salinidade)	+ 1750	+ 3,0	540	Lamas à superfície, praticamente não há sedimentação, movimento ascensional do manto de lamas e aumento do volume das mesmas. Cor intensa amarela.

REFERÊNCIAS

- [1]-Hamoda, M. F. & Al-Attar, I. M. S., Effects of high sodium chloride concentration on activated sludge treatment, *Water Science and Technology*, Vol 31 (1995) N° 9, 61-72.
- [2]-Intransungkha, N., Keller, J., Blackall, L.L., Biological nutrient removal efficiency in treatment of saline wastewater, *Water Science and Technology*, Vol 39 (1999) N° 6, 183-190.
- [3]-Kincannon, D. F. & Gaudy, A. F., Some effects of high salt concentration on activated sludge, *Journal Water Pollution Control Fed.*, Vol 38 (1966) 1148-1159.
- [4]-Moon, B.H., Seo, G.T., Lee, T.S., Kim, S.S., Yoon, C.H., Effects on floc characteristics and pollutants removal efficiency in treatment of seafood wastewater by SBR, *Water Science and Technology*, Vol 47 (2002) N° 1, 65-70.
- [5]-Panswad, T. & Anan, C., Impact of high chloride wastewater on an anaerobic/anoxic/aerobic process with and without inoculation of chloride acclimated seeds, *Water Research*, Vol 33 (1999) N° 5, 1165-1172.

ARTIGO REF: 6922

COIMBRA-CARACTERÍSTICAS E TENDÊNCIAS DE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO DE 1900 a 2006

Helena M.M. Simão^{1(*)}, J. Alfeu A. Sá Marques², Nuno E.C. Simões², Andreia Bidarra¹

¹Instituto Politécnico da Guarda, (ESTG) - Guarda, Portugal

²MARE, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra, (FCTUC), - Coimbra, Portugal

³Instituto Politécnico da Guarda, (ESTG), aluna de Energia e Ambiente - Guarda, Portugal

(*)*Email*: hsimao@ipg.pt

RESUMO

Ao longo da história, o planeta Terra tem passado por significativas alterações e variações climáticas, sendo que estas variações podem constituir factores de risco e de vulnerabilidades.

De acordo com o IPCC, "clima" pode ser definido de forma simples como "o tempo médio", ou seja, pode corresponder a uma descrição estatística da média e da variabilidade de algumas variáveis meteorológicas, sendo a temperatura e a precipitação as mais comuns.

E se os períodos de análise podem variar entre alguns meses e vários milénios, o valor adoptado em Portugal pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) coincide com o sugerido pela OMM (Organização Meteorológica Mundial) e corresponde ao da utilização de médias de 30 anos para definir normais climatológicas.

De acordo com a APA, Agência Portuguesa do Ambiente, quando tentamos caracterizar alterações climáticas estamos interessados em detectar alterações nas médias ou na variabilidade dessas variáveis ao longo do tempo e por isso importa acompanhar e registar os eventos meteorológicos à medida que estes vão ocorrendo e, com base nesses valores, caracterizar as alterações que vão ocorrendo no clima, ou seja, as tendências no clima observado. Já quando tentamos prever tendências para o futuro, recorre-se normalmente a outro tipo de ferramentas, sendo o mais comum a utilização de modelos de projecção climática, que tentam simular a resposta do clima em função de vários cenários, nomeadamente às consequências de emissões ou de elevadas concentrações de gases com efeito de estufa.

Com base nestas permissas, algumas das conclusões que é possível extrair dos relatórios dos projectos SIAM, SIAM_II e CLIMAAT_II mostram que:

- O clima em Portugal Continental sofreu, ao longo do século XX, alterações caracterizadas por mudanças da temperatura média, onde se evidencia aquecimento entre 1910-1945, seguido de arrefecimento entre 1946-1975 e de um novo período de aquecimento entre 1976-2000;
- As séries temporais de temperatura máxima e mínima apresentam tendências com o mesmo sinal das observadas a nível global;
- Tendência para o aumento do número de “dias de Verão” e de “noites tropicais”;
- Tendência para a diminuição de dias e noites frias;
- No que se refere à precipitação, evidencia-se sobretudo uma grande irregularidade e tanto nos valores mensais como na identificação dos meses mais chuvosos, como ainda nos valores anuais.

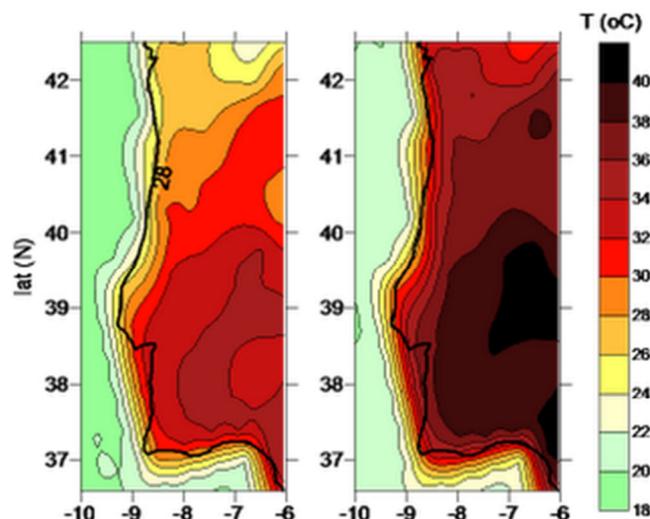


Fig. 1 - Temperatura máxima de Verão em Portugal Continental: Esquerda: actual / simulação de controlo (1961-1990). Direita: projecção de acordo com cenário de emissões A2 (2071-2100). Fonte: SIAM

De acordo com as conclusões dos relatórios anteriormente referidos, que apresentam os resultados de diferentes cenários analisados, com recurso a diferentes modelos, todos os índices climáticos relacionados com temperatura exibem também alterações do cenário climático verificando-se que “os aumentos são grandes no número de dias quentes (máxima superior a 35°C) e de noites tropicais (mínimas superiores a 20°C), enquanto são esperadas reduções em índices relacionados com tempo frio (por ex., dias de geada ou dias com temperaturas mínimas inferiores a 0°C), prevendo ainda e para todo o território nacional efeitos decorrentes da alteração do clima térmico, designadamente os relacionados com o incremento da frequência e intensidade das ondas de calor, com o aumento do risco de incêndio, com a alteração das capacidades de uso e ocupação do solo e com implicações sobre os recursos hídricos” [APA, 2017].

Para além de alterações e modificações em todos os ecossistemas vivos, todos os segmentos de todas as actividades humanas são influenciados pela variabilidade climática, seja ela local, regional ou global.

Deste modo, o objetivo deste trabalho foi o de estudar a variação climática e identificar possíveis tendências climáticas, para o caso da cidade de Coimbra, utilizando os valores médios das séries da temperatura do ar e da precipitação pluviométrica, referentes ao período de 1900 a 2006. Estes dados foram recolhidos pelo Instituto Geofísico da Universidade de Coimbra (IGUC), que detém séries diárias de dados de temperatura e são das mais longas e completas existentes em Portugal.

REFERÊNCIAS

- [1]-Espírito Santo, F., M. I. P. de Lima, A. M. Ramos, R. M. Trigo, 2014. Trends in seasonal surface air temperature in mainland Portugal, since 1941. *International Journal of Climatology*, 34(6): 1814-1837.
- [2]-Lima, M. I. P., F. Espírito Santo, A. M. Ramos, R. M. Trigo, 2015. Trends and correlations in annual extreme precipitation indices for mainland Portugal, 1941 2007.
- [3]-*Theoretical and Applied Climatology*, 119(1): 55-75 <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=118&sub3ref=393>, acedido em 09 de Janeiro de 2017.

ARTIGO REF: 6938

MODELAÇÃO NUMÉRICA DO ESCOAMENTO EM TORNO DE PILARES

Gizela Roque Zucula^(*), Jaime Palalane

Universidade Eduardo Mondlane, Depart. Eng^a Civil (DECI), Maputo, Moçambique

^(*)*Email: gizelazucula@gmail.com*

RESUMO

Os pilares de pontes constituem obstáculos inseridos em escoamentos, geralmente de rios, canais ou outros cursos de água. A presença de pilares no seio de escoamentos resulta na alteração das condições de escoamento à volta do pilar. Estas alterações são responsáveis pela ocorrência da erosão ou infraescavação do leito em torno do pilar, trazendo consequências de grande impacto tal como a queda de pontes, colocando em risco vidas humanas e sistemas económicos e sociais. Assim sendo, é importante a correcta caracterização e quantificação dos diferentes fenómenos e parâmetros que caracterizam estas alterações.

A importância de uma melhor compreensão das alterações no escoamento em torno de pilares é reforçada com o recente colapso da ponte sobre o rio Licungo, em Mocuba, em Janeiro de 2015, devido aparentemente à erosão num de seus encontros.

Com o uso de fórmulas empíricas e semi-empíricas em projectos de engenharia de pontes a realização de análises aprofundadas da estabilidade hidráulica das pontes existentes e projectadas e de estudos para futuros cenários de mudanças climáticas fica limitada (BETA, 2011).

Neste âmbito surgiu o presente estudo que lançou-se ao desafio de explorar o uso do modelo numérico OpenFOAM (www.openfoam.com) para a modelação e caracterização das alterações do escoamento em torno de pilares. Numa malha, representando um canal com 120 cm de comprimento, 60 cm de largura e o pilar localizado à 50 cm da face de entrada do escoamento (Baykal *et. al.*, 2015), foram realizadas 32 simulações com diferentes formas de secção de pilares (circular, quadrada, rectangular, oval) e tamanhos (área $A = 50.02 \text{ cm}^2$ e $2A$), para quatro cenários de velocidade, com vista a identificar o tipo de secção que resulta numa melhor estabilidade hidráulica da estrutura e do leito, ou seja, a secção cujos fenómenos de alteração do escoamento são de baixa magnitude.

Para as diversas simulações foram analisadas as variações dos campos de velocidade, dos campos de pressão (força de arrasto), e do andamento da superfície livre. O padrão e as magnitudes de variação dos campos de velocidade e pressão foram comparados com valores obtidos de fórmulas específicas e de estudos anteriores (Rodrigues, 2012). Observou-se que a força de arrasto e a velocidade máxima junto ao pilar são menores para o pilar de secção oval (Tabelas 1 e 2), na posição de eixo longitudinal paralela ao sentido do escoamento, o que lhe confere deste modo, maior estabilidade hidráulica.

O OpenFOAM apresentou-se assim, como uma ferramenta com potencial para aplicação em estudos com fins académicos e de investigação sendo que a realização de pesquisas mais aprofundadas poderão conferir a possibilidade de utilização desta ferramenta para aplicação prática em projectos de engenharia.

Tabela 1 - Velocidades máximas para simulações de diferentes secções e velocidades iniciais

U_{inicial}	$U_{\text{máx}}$ (m/s)							
	Circular		Quadrada		Rectangular		Oval	
	A	2A	A	2A	A	2ª	A	2A
$U_1 = 0.14$ m/s	1.72	1.88	1.77	2.22	1.68	2.01	1.46	1.56
$U_2 = 0.28$ m/s	1.86	2.07	1.92	2.38	1.88	2.2	1.59	1.68
$U_3 = 0.56$ m/s	2.17	2.35	2.23	3.07	2.2	2.54	1.87	1.99
$U_4 = 1.12$ m/s	2.96	2.98	2.85	3.04	2.96	3.47	2.49	2.54

Tabela 2 - Força de arrasto para as diferentes secções

Secção	Força de arrasto (kN)			
	$U_1 = 0.14$ m/s	$U_2 = 0.28$ m/s	$U_3 = 0.56$ m/s	$U_4 = 1.12$ m/s
Circular	0.221	0.220	0.217	0.211
Quadrada	0.196	0.195	0.193	0.187
Rectangular	0.138	0.137	0.136	0.132
Oval	0.137	0.136	0.134	0.130

REFERÊNCIAS

- [1]-Baykal, C., Sumer, B. M., Fuhrman, N. G., Jacobsen, N.G., Fredsoe, J. - Numerical investigation of flow and scour around a vertical cylinder, 2015.
- [2]-BETA - Engenharia, Gestão e Ambiente, Lda.- Nova ponte de Tete sobre o rio Zambeze e acessos imediatos, Relatório do Estudo de Impacto Ambiental, Volume II, 2011.
- [3]-<http://www.openfoam.com>, OpenFOAM Userguide.
- [4]-Rodrigues, J. - Estudo da influência da secção transversal dos pilares na força de arrasto, Engenharia, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2012.

ARTIGO REF: 6971

MONITORIZAÇÃO ESTRUTURAL DA BARRAGEM DE CAHORA BASSA DURANTE A SECA DO BIÊNIO 2015/16-2016/17

Ezequiel F. Carvalho^(*)

Hidroeléctrica de Cahora Bassa (HCB)

^(*)Email: ezequiel.carvalho@hcb.co.mz

RESUMO

A barragem de Cahora Bassa situa-se em Moçambique, 150 Km a Norte da Cidade de Tete; é uma barragem abóbada em betão, delgada, de dupla curvatura, simétrica, com curvatura pouco acentuada na vertical e definida em planta por arcos circulares; possui 170 m de altura máxima, 303 m de desenvolvimento no coroamento, uma espessura de 23 m na base e de 4 m no coroamento, espessada para suportar o pavimento rodoviário e movimentação de ensecadeiras; possui 8 descarregadores radiais de meio fundo e um descarregador de superfície para descarga e limpeza de detritos flutuantes da albufeira, totalizando uma capacidade de descarga de 14.000 m³/s (LNEC, 1978).

A albufeira criada crida pela barragem tem a capacidade máxima de 65 km³ e capacidade útil de 52 Km³, estende-se por 270 km, desde a barragem até à fronteira entre Moçambique, Zambia e Zimbabwe; a largura da albufeira é de cerca de 30 km e a área máxima de inundação é de 2.900 km². O nível mínimo de exploração (NME) da albufeira é 295 m, o nível de pleno armazenamento (NPA) é 326 m e o nível de máxima cheia é 329 m, sendo que o coroamento situa-se ao nível 331 m. O primeiro enchimento da albufeira iniciou a 07 de Dezembro de 1974, tendo atingido o NPA no dia 07 de Outubro de 1976. No entanto, a partir desta cota o nível continuou a subir, tendo atingido, em 24 de Novembro de mesmo ano a cota de 327 m (LNEC, 1981).

De acordo com a curva de segurança hidráulica-operacional da barragem de Cahora Bassa (figura1), em condições normais de exploração a cota da albufeira (que representa a acção pressão hidrostática) tem variações da ordem de 5,20 m ao longo do ano hidrológico, isto é, entre o nível da crista da soleira do descarregador de superfície (320.80 m) e o NPA (HCB, 2008).

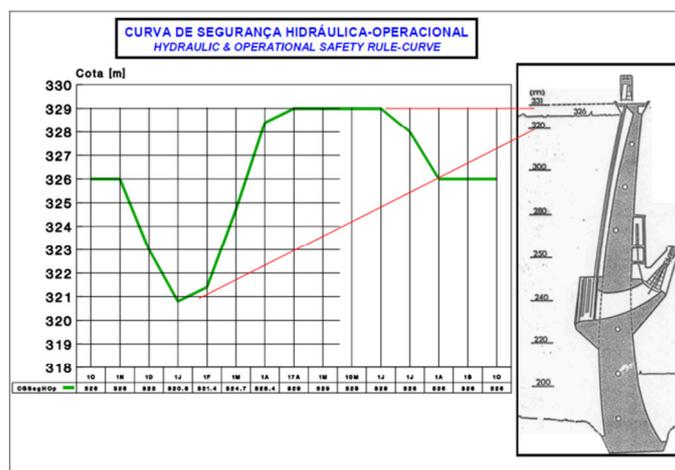


Fig. 1 - Curva de segurança hidráulica-operacional da barragem de Cahora Bassa (NEBCB, 2008)

No início do ano hidrológico 2015/16 (a 01 de Outubro de 2015) a cota da albufeira era de 323.76 m (figura 2). Dado que as previsões meteorológicas indicavam baixa probabilidade de ocorrência de precipitação atmosférica, a HCB optou por evitar as habituais aberturas dos descarregadores que visam a redução da cota da albufeira para 320.80 m e a consequente criação do volume encaixe de cheia. A cota da albufeira foi baixando continuamente por diversos factores com destaque para a produção de energia na central hidroeléctrica, não obstante as devidas restrições, tendo atingido o valor de 312.20 m no dia 26 de Dezembro de 2016, de onde tem voltado a aumentar na sequência das precipitações ocorridas na Bacia do Zambeze durante a segunda metade da época chuvosa da do ano hidrológico 2016/17, sendo que no dia 26-Jan.-2017 a cota era de 313.50 m e que as previsões internas da HCB indicam que a cota máxima a ser atingida no presente ano hidrológico será de 316 m.

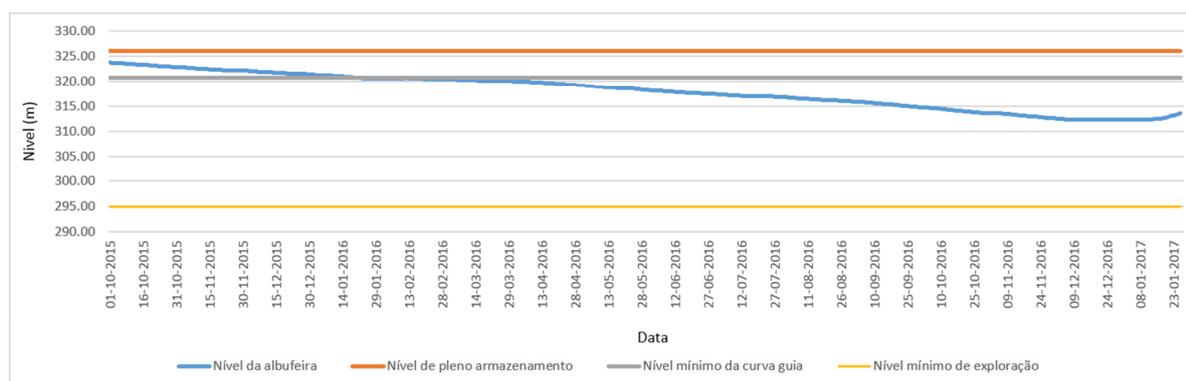


Fig. 2 - Variação da cota da albufeira durante o biénio 2015/16-2016/17

Considerando que passam pouco mais de 25 anos que pela última vez a albufeira atingiu cotas muito baixas (310.11 m, no dia 05-Jan.-1991) a HCB decidiu estabelecer um programa de monitoramento estrutural que visa conhecer o comportamento da barragem nas condições actuais. Assim, é sobre estes aspectos que esta comunicação vai debruçar-se, como por exemplo, introdução de campanhas expeditas caso ocorram variações da cota da albufeira superiores a 5 cm/dia e ajustamento dos modelos (estatístico e de elementos finitos) para o controlo da segurança estrutural.

REFERÊNCIAS

- [1]-HCB; Normas de Exploração da Barragem, Obras Anexas e Albufeira; Hidroeléctrica de Cahora Bassa (Documento Interno); Songo, 2008.
- [2]-LNEC; Definição dos sistemas de observação e constantes características da aparelhagem. Barragem de Cahora Bassa; Laboratório Nacional de Engenharia Civil; Lisboa, Agosto de 1978.
- [3]-LNEC; Observação da barragem de Cahora Bassa. Relatório do primeiro enchimento da albufeira; Laboratório Nacional de Engenharia Civil; Lisboa, Agosto de 1981.

PROCEEDINGS

CLME2017 / V CEM

8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia
V Congresso de Engenharia de Moçambique
Maputo (Moçambique), 4-8 Setembro 2017

PAINEL-V

A ENGENHARIA NO UNIVERSO DA CPLP

Mesa do Painei

A. Sousa Fernando (Vice-Ministro dos Rec. Minerais e Energia, Moçambique)-Moderador
Carlos Mineiro Aires (Bastónario da Ordem dos Engenheiros., Portugal)
Feliciano Dias (Vice Bastónario da O.E., Moçambique)
José Dias (Bastónario da Ordem dos Engenheiros, Angola)
JoséTadeu da Silva (Presidente do CONFEA, Brasil)
Vitor Coutinho (Bastónario da Ordem dos Engenheiros, Cabo Verde)

ARTIGO REF: 6302

A ATIVIDADE DE ENGENHARIA ACREDITADA NO UNIVERSO DA CPLP

João Falcão e Cunha^(*)

Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia - Porto, Portugal

^(*)*Email:* jfcunha@fe.up.pt

RESUMO

Os profissionais de engenharia no universo dos países da CPLP partilham algumas características óbvias: (i) receberam uma educação que teve na sua base a aquisição de conhecimentos de matemática, ciência e tecnologia, (ii) têm experiência em atividades de conceção, projeto, implementação e operação de sistemas reais (ver CDIO: *conceiving, designing, implementing, operating* www.cdio.org), e (iii) devem ser aceites por um conselho ou ordem profissional para exercerem uma profissão liberal como engenheiros qualificados. Obviamente que estas características não se limitam aos engenheiros da CPLP, mas o recurso à língua Portuguesa como veículo de conhecimento é distintivo.

Sendo a educação e a prática profissional de um engenheiro atividades de natureza objetiva seria de esperar que houvesse facilidade em as instituições de ensino superior e os conselhos ou ordens profissionais dos vários países da CPLP reconhecerem mutuamente as credenciais obtidas. De facto, os procedimentos de reconhecimento de habilitações estão em curso entre vários países da CPLP, ao nível das habilitações académicas e profissionais.

Os obstáculos ao reconhecimento têm origem no desconhecimento mútuo e também nas normas nacionais técnicas específicas a cada engenharia em cada país adota, por vezes distintas de normas internacionais. Os obstáculos não são alheios à necessidade política, compreensível, de proteger o emprego especializado.

As empresas de engenharia que atuam em diversos países da CPLP conseguem ultrapassar os obstáculos recorrendo a profissionais certificados no país que garantem o cumprimento das suas exigências legais.

Atendendo a que os atos de engenharia em cada especialidade são de natureza objetiva, seria vantajoso que os sistemas educativos dos vários países da CPLP fossem na sua generalidade comparáveis, embora possa e deva haver sempre especificidades de cada escola, região e país.

Para se atingir este objetivo seria importante a adoção de um sistema de acreditação comum, por exemplo igual ou equivalente ao EUR-ACE®, *European Accreditation of Engineering Programmes* eurace.enaee.eu (*European Network for Accreditation of Engineering Education*) que é hoje usado também em países fora da Europa, como sejam a Austrália e a China.

Um sistema como o EUR-ACE® podia ser transposto para a realidade da CPLP envolvendo também o acordo entre os conselhos e ordens profissionais dos vários países contribuindo assim para melhorar o sistema de educação superior em engenharia da CPLP. Diversas universidades e politécnicos portugueses e a Ordem dos Engenheiros em Portugal têm já uma grande experiência neste processo que vai entrar já no segundo ciclo de acreditação de cursos. O curso de Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da

Universidade do Porto foi um dos primeiros cursos a obter a acreditação EUR-ACE® em 2008 estando a atual acreditação com a duração máxima de 6 anos válida até 2022.

Uma outra iniciativa importante para a Engenharia na CPLP seria a possibilidade de acordos para a obtenção de graus duplos. Esta é uma prática comum por exemplo entre cursos de universidades brasileiras e francesas, mas que tem sido complicada de implementar no universo da CPLP. Mais uma vez há obstáculos políticos que seria bom ultrapassar com o adequado controlo e garantia de qualidade e eventualmente com números limitados de estudantes envolvidos. Na oferta de duplos diplomas teria um papel a desempenhar a possibilidade de em alguns assuntos serem adotadas técnicas de ensino à distância, permitindo por exemplo a muitos estudantes o contato com docentes e profissionais de excelência em determinados domínios.

Esta última iniciativa, que compete essencialmente às instituições de ensino superior, podia ser complementada com uma oferta anual de um conjunto de estágios profissionais para reconhecimento no exercício da profissão oferecidos por empresas e acompanhados por profissionais certificados pelos conselhos ou ordens dos vários países. Esta oferta deveria abarcar as várias especialidades de engenharia, contribuindo para o desenvolvimento das empresas e para um maior reconhecimento da profissão.

O acordo generalizado entre diversas instituições de ensino superior de grande qualidade em cada um dos países e entre os conselhos e ordens profissionais no universo da CPLP teria ainda um enorme impacto contribuindo seguramente para aumentar a qualidade e o reconhecimento económico e social da profissão de Engenheiro no espaço da CPLP e destes profissionais em todo o mundo.

Sendo a educação e a atividade de um Engenheiro semelhante em qualquer país da CPLP, e efetivamente em qualquer parte do mundo, a existência de um acordo ao nível da CPLP relativo aos atos e à acreditação dos cursos seria benéfica para todos podendo constituir uma mais-valia a nível internacional. Seria ainda uma forma adicional de usar e de enriquecer a língua portuguesa, aumentando a sua projeção.

ARTIGO REF: 6500

POLÍTICAS ENERGÉTICAS COM ENFOQUE NO INCENTIVO ÀS FONTES DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NO NAMIBE / ANGOLA

Isata Teixeira Lemba^{1(*)}, Marta Alexandra da Costa Ferreira Dias², Margarita Matias Robaina²

¹Universidade de Aveiro, Progr. Doutoral em Sistemas Energéticos e Alterações Climáticas, Aveiro, Portugal.

²GOVCOPP, Research Unit on Governance, Competitiveness and Public Policies, DEGEIT, Department of Economics, Management, Industrial Engineering and Tourism, University of Aveiro, Portugal.

(*)*Email*: isatateixeira@ua.pt

RESUMO

O desenvolvimento socioeconómico de qualquer região requer a utilização de energia elétrica para o funcionamento dos diversos setores da economia. Por vezes a energia é escassa, não apenas por falta de recursos energéticos, mas igualmente porque a política energética não é adequada ou é inexistente. O objetivo deste trabalho é a proposta de soluções para definição de políticas energéticas que fomentem a utilização de fontes renováveis para a província do Namibe, com o objetivo de incentivar a produção de energia elétrica de forma eficiente e sustentável. Neste contexto, começa por descrever previsões para a população e para o consumo de energia para as próximas décadas de forma a prever a oferta energética necessária, e consequentemente propor as soluções de políticas energéticas que fomentem as fontes adequadas.

1. INTRODUÇÃO

O Namibe é uma das 18 províncias de Angola. Tem uma área aproximada de 58137 km² (INE, 2016) e uma fronteira marítima atlântica de cerca de 480 km, e localiza-se no Sudoeste de Angola. A província está administrativamente dividida em 5 municípios e 14 comunas e a sua população é estimada em cerca de 495326 habitantes (INE, 2016).

O Governo Provincial, no seu Plano Diretor de Desenvolvimento Socioeconómico para o período de 2013 a 2017 (2013), apresenta vários projetos relacionados com áreas diversas, nomeadamente o relançamento da indústria piscatória; o alargamento do Porto comercial; o relançamento das indústrias de mármore e de gesso; o desenvolvimento de culturas agrícolas de mediterrâneos e subtropicais; a exploração de potencialidades turísticas; o alargamento de áreas urbanas visando a construção de residências e o desenvolvimento de projetos de combate à desertificação. No que respeita à área da Política energética, que é o foco deste artigo, a proposta recai sobre o aumento da capacidade energética com a construção de mais centrais termoelétricas a gásóleo (MINEA, 2015).

Atualmente a produção de energia no Namibe é reduzida. Face a esta situação, têm-se verificado cortes constantes no fornecimento de energia elétrica. Como solução para colmatar estes problemas surgem as restrições de fornecimento de energia elétrica para algumas áreas geográficas, a fim de manter o fornecimento noutras consideradas prioritárias. Estes problemas verificam-se igualmente noutras cidades de Angola, inclusive em Luanda (Pushak & Foster, 2011 e Jover, Pinto, & Marchand, 2012).

O setor energético constitui um dos indutores do desenvolvimento socioeconómico de qualquer sociedade (Khennas, 2012). A energia é necessária para todos os setores de produção fomentando o crescimento económico e consequentemente o desenvolvimento

socioeconómico. Contudo, para que isto aconteça a energia deve ser eficiente, ininterrupta e ter uma oferta capaz de satisfazer a procura.

Nos processos da produção, de transporte e da distribuição de energia devem considerar-se a preservação do meio ambiente e a racionalização dos recursos naturais. Estas duas questões constituem atualmente o cerne das preocupações, uma vez que todas as atividades do Homem com vista ao desenvolvimento socioeconómico devem estar igualmente em harmonia com os aspetos ecológicos para que o desenvolvimento seja sustentável.

Neste contexto o setor da energia elétrica da província do Namibe ainda enfrenta diversas dificuldades em dar resposta não só à constante procura de energia, mas também ao facto das fontes que produzem a energia ainda serem não sustentáveis no que se refere à proteção do meio ambiente e à segurança no fornecimento.

1.1 Metodologia

As previsões de crescimento da população e do consumo de energia para o período de 2014 - 2040, foram obtidas a partir do modelo de regressão de potência. Os dados da população e da energia usados para este modelo foram obtidos a partir do MINEA (MINEA, 2014a), PNUD (PNUD, 2015), IEA (IEA, 2016a), INE (INE, 2016), BMI (BMI, 2016), Worldometers (Worldometers, 2016) e Worldpopulation (World Population, 2016). Na relação destes dados, foi possível obter os dados normalizados, tanto para o crescimento da população como para o consumo de energia no período de 2014 - 2040.

O consumo de energia per-capita, no Namibe, para o ano de 2040, apresenta um valor inferior à média do consumo per-capita da Comunidade para o Desenvolvimento da África Austral - SADC (SADC, 2012). Tomado o valor médio da SADC como padrão, fez-se a previsão do consumo de energia para o Namibe (MINEA, 2014b), (INE, 2016), (IEA, 2016b) e (Index Mundi, 2014).

Usou-se o software LEAP (Long-range Energy Alternative and Planning System) na criação de cenários energéticos futuros e no cálculo de emissões de gases de efeito estufa na produção de energia elétrica até ao ano de referência 2040 nos cenários energéticos considerados.

1.2 Caracterização do setor da energia

O setor elétrico da província do Namibe, à semelhança do que se passa a nível central de Angola, está dividido por três empresas estatais a Empresa Pública de Produção de Eletricidade (PRODEL - EP); a Empresa Rede Nacional de Transporte de Eletricidade (RNT - EP) e a Empresa Nacional de Distribuição de Eletricidade (ENDE - EP) (SCM, 2014). Todas estas vieram substituir a Empresa Nacional de Eletricidade (ENE).

Na província do Namibe considera-se apenas duas fontes para o sistema electroprodutor. Uma delas é a hídrica localizada na província da Huíla, que dista cerca de 360 km da cidade do Namibe, que disponibiliza 9 MW de potência (ENDE, 2015). A outra fonte é a térmica cujo combustível consumido é o gasóleo. Esta fonte é local e disponibiliza uma potência de 25,2 MW (ENDE, 2015). A fonte térmica continua a ser dominante no sistema electroprodutor, representando 79.43% da produção de energia elétrica (ENDE, 2015).

1.2.1 População abastecida

A população da província do Namibe no ano de 2014 foi estimada em 495326 habitantes (INE, 2016), sendo que 66,24 % desta população não tem acesso à energia elétrica distribuída e comercializada pela ENDE ou pelas administrações locais.

2. PROJEÇÃO DAS NECESSIDADES: ENERGIA ELÉTRICA PARA O PERÍODO DE 2014 - 2040

A determinação das necessidades de energia para as próximas décadas para a província do Namibe passa pela previsão de crescimento da sua população e consequentemente pela previsão de consumos de energia elétrica para o mesmo período.

A população da província do Namibe representava 1,92% da população de Angola para o ano de 2014 (INE, 2016). A partir da relação dos dados normalizados de Angola para 2014 - 2040 e considerando a população do Namibe relativa ao Censo de 2014 foi obtida a normalização dos dados para a província do Namibe para previsão da população do Namibe para o período de 2014 - 2040. Assim sendo, para o ano de 2040 é prevista uma população de cerca de 1055760 habitantes para a província do Namibe, o que representa uma expansão demográfica comparativamente ao ano de 2014.

Esta expansão demográfica trará inevitavelmente como consequências o aumento de agregados familiares, aumento de domicílios e a necessidade do aumento de infraestruturas.

Estas consequências irão ter impactos no setor elétrico. Com esta evolução será necessária a expansão das fontes de energia e/ou o aumento da capacidade de produção, a expansão das linhas de transporte e transmissão e o aumento de ligações domiciliárias à rede elétrica.

Neste contexto urge a necessidade de se prever os consumos de energia no período de 2014 - 2040 para que as propostas de política energética sejam adequadas.

O acesso à energia elétrica constitui um dos grandes desafios para Angola. Este país é um membro da SADC (Southern Africa Development Community) (SADC, 2012). Assim sendo, é interessante avaliar o contexto dos restantes países que constituem a SADC. A tabela 2.1 apresenta alguns indicadores para estes países.

Quanto ao acesso de energia elétrica à população, Angola tem uma taxa de 31,9%, que no contexto da SADC a coloca na oitava posição da tabela abaixo de países como Maurícias, Seicheles, África do Sul, Botswana, Zimbabué, Moçambique e Namíbia, respetivamente. No cômputo geral apenas quatro países desta região têm uma taxa de acesso à energia elétrica acima de 50%, nomeadamente Maurícias com 100%, Seicheles com 97%, África do Sul com 85,4% e Botswana com 66%.

Quanto ao consumo de energia elétrica per capita, em Angola corresponde a 0,35 MWh per capita. Este valor coloca Angola na décima posição do quadro geral dos quinze países membros da SADC, abaixo de países como África do Sul com 4,24 MWh per capita; ou Moçambique com 0,46 MWh per capita. A média de consumo de energia elétrica per capita de países da SADC é de 1,059 MWh per capita, o que representa um valor três vezes superior ao consumo de energia elétrica per capita de Angola.

A média do consumo de energia per capita dos países da SADC, cuja taxa de acesso à energia elétrica se revela superior a 50%, é de 2,75 MWh per capita. Tomou-se esta média como indicador e igualmente serviu de fator para a previsão de consumo de energia elétrica para a província do Namibe.

Para o ano de 2040 é prevista para o Namibe uma população de cerca de 1055760 habitantes, esperando que o consumo de energia elétrica per capita seja de 2,75 MWh. No entanto, pode-se considerar que no ano 2040 o consumo de energia elétrica previsto para a província do Namibe será de 2903340 MWh, isto é equivalente a 2,9 TWh.

Tabela 2.1 - População de países da SADC com acesso à energia elétrica e os seus respetivos consumos per capita. Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de MINEA (MINEA, 2014a), INE (INE, 2016), IEA (IEA, 2016b) e indexmundi (Index Mundi, 2014).

N/O	Países da SADC	Indicadores				
		População (Milhões)	Energia Produzida (MWh)	Energia Consumida (TWh)	Electricidade Por População (MWh/Capita)	População com Acesso à Electricidade (%)
1	África do Sul	54	252578	228,8	4,24	85,4
2	Angola	25,78	9460	8,41	0,35	31,9
3	Botswana	2,22	2363	3,79	1,71	66
4	República Democrática do Congo	74,88	8831	8,01	0,11	9
5	Lesoto	1,95	486	0,7	0,158	17
6	Madagáscar	24,43	2025	1,88	0,049	15
7	Malawi	18,57	2180	2,03	0,105	9
8	Maurícias	1,26	2934	2,75	2,18	100
9	Moçambique	27,22	17744	12,59	0,46	39
10	Namíbia	2,4	1498	3,76	1,56	32
11	Seicheles	0,093	316	0,29	2,87	97
12	Swazilândia	1,45	425	1,3	0,75	27
13	Tanzânia	51,82	6219	5,18	0,1	24
14	Zâmbia	15,72	14452	11,05	0,7	26
15	Zimbabué	15,25	10023	8,28	0,54	40

3. CARATERIZAÇÃO DE RECURSOS ENERGÉTICOS

Torna-se relevante fazer uma caraterização dos recursos endógenos para aferir do potencial energético da região do Namibe.

3.1 Recurso hídrico

A província dispõe de um rio com um curso regular de águas, o rio Cunene, que serve de limite fronteiriço com a República da Namíbia. O rio Cunene ocupa uma área de 128 600 Km² com uma capacidade potencial de 2492 MW (6225 GWh) (IEA, 2006), e tem instalada uma capacidade de 41 MW que representa 2% da capacidade potencial total disponível. No entanto há previsão para a construção da barragem de Baynes, um projeto regional entre as Repúblicas de Angola e da Namíbia (MINEA, 2015).

3.2 Recurso eólico

Para a província do Namibe, apenas no Tômbwa (Sudoeste de Angola) ocorrem ventos com médias de velocidades anuais de 4 a 5 m/s a 50 metros de altura, preenchendo os requisitos necessários para a produção de energia eólica (Wisse & Stigter, 2007). Nas restantes regiões as velocidades dos ventos são inferiores a 4 m/s. Está prevista a construção do parque eólico no município do Tômbwa (Governo Provincial do Namibe, 2013 e Ministério do Planeamento e do Desenvolvimento Territorial., 2012).

3.3 Recurso da biomassa

A maior parte da extensão da província do Namibe é desértica, exceto as regiões que fazem fronteira com as províncias de Benguela e Huíla, o que reduz o seu potencial florestal. Contudo, o potencial de biomassa nesta região inclui igualmente os resíduos sólidos urbanos, resíduos industriais, resíduos de origem animal, e ainda a palha para o aproveitamento na produção de energia elétrica.

3.4 Recurso Solar

A irradiação solar anual em média varia entre os 2000 e os 2400kWh/m² (SolarGis, 2014), o que representa um potencial energético considerável para a produção de energia elétrica.

Se compararmos a província do Namibe a outras regiões de Angola, esta é a que apresenta maior potencial eólico e solar. Tem uma vasta extensão territorial desértica, sobretudo a parte do litoral, onde praticamente os seus terrenos ainda não são explorados economicamente. Isto pode representar uma vantagem na implementação de um projeto de exploração de energia renovável para fins de produção de energia elétrica, uma vez que projetos de género requerem um espaço geográfico considerável. As regiões desérticas apresentam menores impactos ambientais no processo de implementação deste tipo de projetos já que não há destruição de vegetação.

4. CENÁRIOS ENERGÉTICOS

Foram gerados e considerados dois cenários energéticos para o cálculo das emissões de gases de efeito estufa na produção de energia elétrica para o período temporal até 2040.

4.1 Cenário A

Neste cenário a natureza das fontes é a mesma existente atualmente, ou seja a térmica a gásóleo e a hídrica. Foi considerado um aumento da capacidade da termoelétrica, cuja potência de instalação projetada é de 900 MW para conseguir responder às necessidades projetadas. Enquanto a hídrica permanece com a mesma capacidade de oferta energética até ao ano de referência. Estas hipóteses levaram em conta o facto de, no plano governamental local, as perspetivas apontarem para um aumento da utilização de fontes termoelétricas a gásóleo.

Tabela 4.1.1 - Fontes de energia elétrica do cenário A no ano de referência 2040. Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de input do LEAP

Tipo de Central	Capacidade exógena (MW)	Produção 2040 (GWh)	Produção 2040 (%)
Hidroelétrica	9	33,9	1,09
Termoelétrica a gásóleo	900	3070,53	98,91

No cenário A as emissões de CO₂ no ano base são de 34,29 mil toneladas, e no ano de referência 2040 serão de 758,71 mil toneladas. Os gases emitidos no ano de referência prevêem-se que sejam 22,13 vezes superiores aos emitidos no ano 2014.

4.2 Cenário B

Neste cenário foram incluídas as fontes eólicas e solares, para além de um aumento da capacidade de produção hídrica, e foi mantida a capacidade de produção termoelétrica a gásóleo. Para cumprir as condições exigidas incluiu-se igualmente uma fonte termoelétrica a gás natural, uma vez que corresponde à necessidade de reduzir a poluição ambiental, se comparada com a produção a partir do gásóleo.

Tabela 4.1.2 - Fontes de energia elétrica do Cenário D no ano de referência 2040. Fonte: Elaboração própria a partir dos dados de input do LEAP.

Tipo de Central	Capacidade exógena (MW)	Produção 2040 (GWh)	Produção 2040 (%)
Hidroelétrica	109,0	339,6	11,6
Termoelétrica a gasóleo	25,2	63,1	2,2
Eólica	100,0	145,2	5,0
Solar PV	500,0	1083,2	37,1
Termoelétrica a Gás Natural	345,0	1288,4	44,1

No cenário B as emissões de CO₂ no ano base são de 34,29 toneladas, e no ano de referência 2040 serão de 275,85 toneladas. Os gases emitidos no ano de referência prevêem-se que sejam 8,04 vezes superiores aos emitidos no ano 2014.

O cenário B apresenta uma menor quantidade de emissões de CO₂ para o meio ambiente e é o cenário com o menor impacto ambiental.

A inserção de diversificação de fontes na matriz elétrica visa garantir a segurança no abastecimento, aumentar a capacidade de produção e minimizar os impactos ambientais.

Em conclusão, para que seja necessário atingir estes objetivos é necessário definir políticas energéticas de incentivo às fontes de energia renováveis.

5. POLÍTICAS DE INCENTIVO ÀS FONTES DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

Em Angola, excetuando a aposta na fonte hídrica, não é conhecida opção clara pela exploração de fontes de energia renováveis. No entanto, noutras regiões do continente africano já existem experiências de política energética neste sentido que podem servir de modelo e podem ser adaptadas à realidade angolana.

Embora haja um potencial energético considerável em muitos países africanos, as dificuldades existentes são ainda um grande desafio para a inserção de energias renováveis a fim de colmatar o défice energético.

No relatório sobre energia editado em 2013, as regiões de África Oriental e Austral apresentam fortes semelhanças no que diz respeito às estruturas de mercado e políticas fundamentais que caracterizam os seus mercados de energia (BMI, 2013). Em todos estes países os setores de energia necessitam de investimentos substanciais a fim de apoiarem o crescimento económico, dada a prevista expansão demográfica. Nestes países existem planos de reformas implementados que vão desde a eletrificação rural, a desagregação das companhias de eletricidade e à execução de programas de subsídios, no entanto as restrições políticas e reguladoras ainda permanecem. O setor de energia é caracterizado por baixa capacidade de instalação, taxas de eletricidade baixas, pouca diversificação de fontes, não tendo a maioria da população rural acesso à rede elétrica.

O Botswana não possui um quadro regulador para o desenvolvimento de energias renováveis (BMI, 2014). Um problema idêntico de falta de regulamentação eficaz no setor energético verificou-se na Namíbia e a esta situação acrescenta-se a falta de financiamento para o desenvolvimento e execução de projetos de energias renováveis (BMI, 2013). O mesmo sucede-se com a Etiópia. A falta de formulação de planos a longo prazo para a implementação de projetos de energias no campo de eólicas, bem como a falta de financiamento de

mecanismos inovadores para o apoio destes projetos obstaculizam o desenvolvimento do setor energético (Asress, Simonovic, Komarov, & Stupar, 2013).

Nos países como a Nigéria, a Angola e a Líbia onde o setor de energia é tido como fonte de rendimento nacional através da indústria petrolífera, os projetos são financiados através de fundos públicos e privados onde são esperados grandes lucros, mas no entanto existe um paradoxo, o investimento feito pelas indústrias petrolíferas não se traduz em melhoria do acesso à energia nesses países (Gujba, Thorne, Mulugetta, Rai, & Sokona, 2012). Nota-se que o financiamento privado neste setor tem pouca ou nenhuma presença, os concessionários são desmotivados por baixas taxas de retorno sobre o investimento devido aos altos custos operacionais e baixo consumo (Gujba et al., 2012).

Musango & Brent (2011), a partir de uma avaliação feita no contexto de uma perspetiva de sustentabilidade, afirmam não existir na África Austral uma abordagem formal e coerente para as tecnologias energéticas. Não existem políticas vinculadas para a melhoria do setor energético de maneira sustentável para as regiões sem acesso à energia elétrica (Tessema, Mainali, & Silveira, 2014). A persistência da crise energética na África Subsaariana como causas as estratégias pobres no planeamento de geração de energia e a inadequada diversificação dos recursos energéticos (Suberu, Mustafa, Bashir, Muhamad, & Mokhtar, 2013).

As dificuldades expostas são praticamente similares para muitos países em desenvolvimento, sobretudo os da SADC. É preciso garantir a energia para que haja desenvolvimento socioeconómico, e esta garantia deve passar pela definição de políticas energéticas.

5.1 Definição de políticas de incentivo às fontes de energias renováveis para a província do Namibe

Uma vez que se quer um desenvolvimento cada vez mais sustentável, torna-se importante que sejam definidas políticas de fomento às tecnologias de produção de energia elétrica por fontes de energias renováveis com o objetivo de mitigar as emissões de gases de efeito estufa, de diversificar a matriz energética e assegurar o fornecimento de energia elétrica.

Com base no quadro de dificuldades mencionadas em alguns países africanos, que são semelhantes à realidade angolana, em particular na província do Namibe, são propostas as seguintes soluções de políticas:

- Criação de legislação que regula o uso das energias renováveis;
- Fomento de planeamento energético, com maior aposta nas energias renováveis;
- Disseminação das fontes de energias renováveis;
- Fomento do investimento privado no setor;
- Criação de centro de formação e pesquisas para as energias renováveis;
- Criação de parcerias regionais incentivadoras ao uso de energias renováveis;
- Criação de linha de crédito pelos Bancos públicos ou privados para financiamento de empreendimentos de geração de energia por fontes de energias renováveis, com baixas taxas de juros, e celeridade na concessão do crédito;
- Fomento da indústria de tecnologia de energia renovável localmente ou a nível regional;

As soluções de políticas aqui propostas servirão de incentivo às energias renováveis. Mas é importante destacar que os decisores de políticas energéticas sigam essas soluções e as façam cumprir.

6. CONCLUSÕES

Um desenvolvimento socioeconómico que se quer para a província do Namibe deve ser garantido por uma energia elétrica eficiente, ininterrupta e com menores impactos ambientais e o planeamento energético é importante para saber-se ao certo as medidas de produção energética mais adequadas de acordo com a procura energética.

As políticas de incentivos às energias renováveis são um indutor para se reverter o quadro energético em que se encontram muitos países em desenvolvimento, sobretudo os da África Austral, em particular Angola.

A criação de um quadro regulador do setor da energia ligado às energias renováveis permitirá o estabelecimento de regras, orientações e procedimentos técnico-administrativos no desenvolvimento de licenciamento de projetos de exploração da energia renovável. A existência desse quadro, de igual modo, regulará a atuação de investidores privados no setor.

Em muitos países africanos, em particular Angola, no caso da região do Namibe, as energias renováveis carecem de disseminação. É preciso desencadear um processo de divulgação das energias renováveis dada a sua importância na diversificação de fontes de produção de energia e na preservação do meio ambiente. A disseminação pode ser feita por meio de palestras, workshops, seminários, congressos, introdução de conteúdos afins em grelhas curriculares do ensino secundário. Isto por sua vez permitirá a conscientização da preservação do meio ambiente e da racionalização de recursos naturais.

Existe falta de recursos humanos capacitados na área da energia renovável e no planeamento energético. O centro de formação e pesquisas permitirá capacitar os quadros ligados ao setor da energia, em particular na vertente de energias renováveis e no planeamento energético.

A existência de indústria de tecnologias de energia renováveis localmente ou a nível regional minimizará os custos associados à importação, igualmente diminuirá a dependência tecnológica existente atualmente.

REFERÊNCIAS

- [1]-Asress, M. B., Simonovic, A., Komarov, K., & Stupar, S., Wind Energy Resource Development in Ethiopia as an Alternative Energy Future Beyond the Dominant Hydropower. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 23, 366-378. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2013.02.047>, 2013.
- [2]-BMI, Namibia Power Report Q3 2013. London - UK. Retrieved from <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=12&sid=5d1c8f97-f2a3-4f0b-b0e2-9b7420c564bb@sessionmgr4003&hid=4103>, 2013.
- [3]-BMI, Botswana Power Report Q4 2014, 2014.
- [4]-BMI, Angola Power Report Q2 2016. London - UK. Retrieved from <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?sid=8e4677fc-a49f-4363-aac7-74c0a684dce3%40sessionmgr4006&vid=3&hid=4205>, 2016.
- [5]-ENDE, Ponto de Situação Sobre o Funcionamento de Energia em Namibe. Namibe - Angola: Momorandum, 2015.
- [6]-Governo Provincial do Namibe, Plano de Desenvolvimento Económico e Social da Província do Namibe para o Período 2013-2017, 2013.

- [7]-Gujba, H., Thorne, S., Mulugetta, Y., Rai, K., & Sokona, Y., Financing Low Carbon Energy Access in Africa. *Energy Policy*, 47(Supplement 1), 71-78. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.03.071>, 2012.
- [8]-IEA, Angola Towards an Energy Strategy. Paris - France. Retrieved from <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/angola2006.pdf>, 2006.
- [9]-IEA, Angola: Balance for 2013. Retrieved May 10, 2016, from <http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=Angola&product=ElectricityandHeat&year=2013>, 2016a.
- [10]-IEA, Non-member countries. Retrieved September 10, 2016, from <http://www.iea.org/countries/non-membercountries/>, 2016b.
- [11]-index mundi, Electricity consumption per Capita: Country Comparison. Retrieved October 10, 2016, from <http://www.indexmundi.com/g/r.aspx?v=81000>, 2014.
- [12]-INE, Resultados definitivos do recenseamento geral da população e habitação de Angola 2014. Resultados Definitivos Do Recenseamento Geral Da População E Habitação de Angola 2014, 213. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>, 2016.
- [13]-Jover, E., Pinto, A. L., & Marchand, A., Angola | Setembro 2012. Perfil do Sector Privado do País, 2012.
- [14]-Khennas, S., Understanding the Political Economy and Key Drivers of Energy Access in Addressing National Energy Access Priorities and Policies: African Perspective. *Energy Policy*, 47(SUPPL.1), 21-26. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.04.003>, 2012.
- [15]-MINEA. (2014a). Empresa Nacional de Distribuição de Electricidade - EP. Retrieved August 8, 2015, from <http://www.minea.gv.ao/entidades-vinculadas/ende.html>
- [16]-MINEA, Empresa Pública de Produção de Electricidade - EP. Retrieved August 8, 2015, from <http://www.minea.gv.ao/entidades-vinculadas/prodel.html>, 2014b.
- [17]-MINEA, Realizações do Setor de Energias no Âmbito do Plano Nacional de Desenvolvimento 2013-2017. Retrieved October 25, 2015, from <http://www.minea.gv.ao/publicacoes/ccca/category/36-energia.html>, 2015.
- [18]-Ministério do Planeamento e do Desenvolvimento Territorial, Plano Nacional de Desenvolvimento 2013 - 2017, 2012.
- [19]-Musango, J. K., & Brent, A. C., Assessing the Sustainability of Energy Technological Systems in Southern Africa: A Review and Way Forward. *Technology in Society*, 33(1-2), 145-155. <http://doi.org/10.1016/j.techsoc.2011.03.011>, 2011.
- [20]-PNUD, Human Development Report 2015. Retrieved from <http://hdr.undp.org/en/2015-report>, 2015.
- Pushak, N., & Foster, V., As Infra-estruturas em Angola : Uma Perspectiva Continental, 2011.
- [21]-SADC, Southern African Development Community : Home. Retrieved October 10, 2016, from <http://www.sadc.int/>, 2012.
- [22]-SCM, Decreto Presidencial No 305/14. Retrieved August 8, 2015, from http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2064033&fecha=31/12/1969, 2014.
- [23]-SolarGis, Global Horizontal Irradiation - Angola. Retrieved from http://solargis.info/doc/_pics/freemaps/1000px/ghi/SolarGIS-Solar-map-Angola-en.png, 2014.

[24]-Suberu, M. Y., Mustafa, M. W., Bashir, N., Muhamad, N. A., & Mokhtar, A. S., Power Sector Renewable Energy Integration for Expanding Access to Electricity in Sub-Saharan Africa. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 630-642. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2013.04.033>, 2013.

[25]-Tessema, Z., Mainali, B., & Silveira, S., Mainstreaming and Sector-Wide Approaches to Sustainable Energy Access in Ethiopia. *Energy Strategy Reviews*, 2(3-4), 313-322. <http://doi.org/10.1016/j.esr.2013.11.003>, 2014.

[26]-Wisse, J. A., & Stigter, K., Wind engineering in Africa. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 95(9-11), 908-927. <http://doi.org/10.1016/j.jweia.2007.01.023>, 2007.

[27]-World Population, Angola Population (2016) - World Population Review. Retrieved May 15, 2016, from <http://worldpopulationreview.com/countries/angola-population/>, 2016.

[28]-Worldometers, Angola Population (2016) - Worldometers. Retrieved May 15, 2016, from <http://www.worldometers.info/world-population/indonesia-population/>, 2016.

ARTIGO REF: 6550

PLANEAMENTO DE APROVEITAMENTO DA ENERGIA EÓLICA EM TIMOR LESTE

Victor da C. Soares¹, Ana I. Estanqueiro², Vasco F. Cruz³, Fátima Batista³

¹Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nacional de Timor-Lorosae, Díli, TL

²Unidade de Análise Energéticas e Redes do LNEG, Lisboa, Portugal

³Departamento de Engenharia Rural da ECT da Universidade de Évora, Portugal

(*)*Email:* v_soares2011@yahoo.com

RESUMO

A exigência energética global está mais orientada para a utilização das fontes de Energias Renováveis (FERs), comprometendo e garantindo um desenvolvimento sustentável. O presente trabalho tem como objetivo contribuir para atingir as metas do plano estratégico de desenvolvimento (PED) 2011-2030 de Timor-Leste, no que refere à utilização das fontes de energia renováveis (FERs), em particular ao aproveitamento do potencial eólico. Timor-Leste tem apresentado um grande interesse na política de aproveitamento de fontes de energia renováveis para alcançar a meta de longo prazo do PED 2030, comprometendo-se com o desenvolvimento sustentável através de Energias renováveis.

Com base no clima do vento de longo termo entre 2004 - 2012, da estação meteorológica (EM) de Díli e conjugando estes com os dados da campanha experimental de Martifer cedidos, de Dezembro 2008 - Novembro 2009, obteve-se o coeficiente de variabilidade ($C_{variab.}$) inter-anual. Foi assim possível construir o mapa médio do vento de longo termo, com modelo atmosférico de mesoscala, numa resolução refinada de 3×3 km.

Os dados simulados no modelo MM5 (Mesoscale Model Fifth Generation) correspondentes aos observados são comparados e realizam-se os ajustes e correções das melhores parametrizações da camada limite atmosférica (CLA) seguidamente validado e aferido, o que resulta no atlas do potencial eólico.

Para a identificação dos locais mais favoráveis do vento, foi utilizado o modelo ArcGIS para georreferenciação do recurso. A filtragem das restrições e os constrangimentos do terreno permitiu construir o mapa do vento sustentável de Timor-Leste, por distritos, subdistritos, sucus, do enclave de Oecússi e a ilha de Atauro, o que conduziu à hierarquização de cinco zonas favoráveis (zona 1 - 5) do país.

A contribuição para o plano energético de Timor-Leste consiste em duas fases:

Na 1ª Fase, o aproveitamento eólico em três Parques Eólicos nas zonas monitorizadas 3 e 5. A partir de dados cedidos pela Martifer, contabilizou-se um total de 424.694 MWh de produção de energia anual, tendo-se verificado o custo normalizado de energia (LCOE) no valor médio calculado de 0,046 €/kWh;

Na 2ª Fase, a construção de acessos e o desenvolvimento de Parques Eólicos nas zonas 1, 2 e 4, para o Cenário de Max-Renovável.

Assim sendo, viabiliza-se a "Perspetiva de Utilização da Energia Eólica" no quadro do Plano Estratégico de Desenvolvimento (PED) 2011 - 2030 de Timor-Leste, que permitiria reduzir o custo de produção de energia atual e a emissão de CO₂.

REFERÊNCIAS

[1]- Protocolo de Quioto à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas, Decreto n.º 7/2002, Diário da República n.º 71, Série I-A de 25 de Março de 2002, disponível em: [http://www.fd.uc.pt/CI/CEE/pm/Leg CE/Protocolo%20de%20Quioto%2011-12-1997.htm](http://www.fd.uc.pt/CI/CEE/pm/Leg_CE/Protocolo%20de%20Quioto%2011-12-1997.htm).

[2]-Resolution of the United Nations General Assembly Declares 2014-2024 Decade of Sustainable Energy for All, GA/11333-EN/274, 21 December 2012, disponível em: <http://www.un.org/press/en/2012/ga11333.doc.htm>.

[3]- Timor-Leste-Plano Estratégico de Desenvolvimento (2011-2030), Publicação do Governo da República Democrática de Timor-Leste, Dili (2011). Disponível em:http://timor-leste.gov.tl/wp-content/uploads/2012/02/Plano-Estrategico-de-Desenvolvimento_PT1.pdf.

ARTIGO REF: 6943

OPÇÕES TECNOLÓGICAS DE GERAÇÃO DE ELECTRICIDADE EM MOÇAMBIQUE NO CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS

Alberto Júlio Tsamba^(*), Ássima Mamade, Carlino Tam Chey

Univ. Eduardo Mondlane, Fac. de Engenharia, Dep. de Engenharia Química, Maputo, Moçambique

^(*)*Email*: ajtsamba@yahoo.com.br

RESUMO

Com um potencial nacional em recursos energéticos de cerca de 12.000 MW em hidroelectricidade, cerca de 300 TCF onshore e offshore de gás natural e cerca de 20 triliões de toneladas de carvão mineral bem como cerca de 30 milhões de hectares de terra arável intacta, um elevado potencial em biomassa e bioenergia, grande propensão a energias oceânicas, eólica e solar ainda mal avaliado, Moçambique é potencialmente um dos maiores produtores e exportadores de electricidade na África Sub-Saariana.

Com o objectivo de estabelecer as directrizes de acção para criar resiliência, incluindo a redução dos riscos climáticos, nas comunidades e na economia nacional e promover o desenvolvimento de baixo carbono e ambientalmente sustentável, através da sua integração no processo de planificação sectorial e local, o Governo de Moçambique elaborou e aprovou a Estratégia Nacional de Adaptação e Mitigação das Mudanças climáticas, em 2012, cobrindo o período que vai de 2020 a 2030. Por outro lado, o país elaborou recentemente o seu documento da Contribuição Nacional Intencionalmente Determinada (INDC), no âmbito da CQNUMC que indica, nas vertentes de Adaptação e Mitigação, as acções que o país compromete-se a realizar para participar de forma activa nos esforços globais de desenvolvimento sustentável e mitigação das Mudanças Globais. Através do INDC, Moçambique compromete-se, entre outras acções, a reduzir de forma progressiva, as emissões com efeitos de estufa, com destaque para o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e monóxido de dinitrogénio (N₂O_x), estabelecendo como meta, a redução em 76,5 milhões de toneladas de dióxido de carbono-equivalente, entre os anos 2020 e 2030, sendo 23 milhões a serem cumpridas no período 2020-2025 e os restantes no período posterior a este.

As emissões oficialmente reportadas através da Segunda Comunicação Nacional à Convenção (Ref) cobrem um período de dez anos (1994 a 2004) e estão claramente abaixo dos níveis actuais. Ainda assim, foram reportadas nesse período emissões médias anuais de cerca de 405 mil toneladas de CO_{2eq}, dos quais, apenas cerca de 1300 ton provinham do sector de energia, conforme as tabelas 1 e 2.

Este trabalho pretende produzir propostas tecnológicas de geração de electricidade em função dos recursos naturais de que Moçambique dispõe, bem como discutir a sua pertinência no contexto económico e geo-político actual. As tecnologias a serem propostas terão em conta diferentes critérios de avaliação de natureza económica, social, ambiental, político, desenvolvimento sustentável, para além da contribuição de cada tecnologia para a mitigação das mudanças climáticas, de forma específica. Adicionalmente, são discutidos os projectos actuais e aqueles em carteira, bem como a sua exequibilidade face aos últimos desenvolvimentos geoclimáticos na região Austral de África e na perspectiva da participação de Moçambique no mercado regional através da Southern Africa Power Pool (SAPP), de que o país é membro.

Tabela 1 - Emissões médias anuais de Gases de Efeito Directo de Estufa (em CO₂eq) (SCN)

Sectores	Emissões de CO ₂ (Gg)	Remoções de CO ₂ (Gg)	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	Total Sectorial
Energia	1.292,77		0,65		1.293,42
Processos Industriais	316,39				316,39
Agricultura	0,00		4.651,43	455.157,72	459.809,15
Mudanças no Uso de Terra e Silvicultura	11.712,00	-69.905,58	69,09	6,20	-58.118,29
Lixos	10,21		1.860,31	161,20	2.031,72
Total	13.331,37	-69.905,58	6.581,48	455.325,12	405.332,39
Biomassa	29.802,73				
Bunkers Internacionais	50,32				
Emissões líquidas	475.237,97				
Balço (Emissões -Remoções)	405.332,39				

Tabela 2 - Emissões Anuais Nacionais de GEE provenientes do Sector de Energia, 1995-2004 (SCN)

Sector de Energia (Gg CO ₂)		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Queima de Combustíveis	Indústrias Energéticas	25,90	28,20	31,60	31,70	34,90	25,20	38,10	42,40	36,10	35,80
	Indústrias de Manufatura e Construção	0,00	0,00	6,70	119,60	93,20	95,40	93,40	98,30	136,90	114,30
	Transportes	892,30	888,00	905,10	963,20	1.050,20	1.098,00	1.048,40	1.197,60	1.276,80	1.262,90
	Comércio/Instituições	0,04	0,03	0,04	0,00	0,02	0,03	0,05	0,06	0,07	0,44
	Residencial	62,20	69,90	84,40	103,50	158,40	183,30	153,90	141,90	143,80	155,20
Memo items		28.310,81	28.658,10	29.006,40	29.351,25	29.693,17	30.065,85	30.401,37	30.741,69	31.083,36	31.217,90
Emissões de metano (Gg)	Bunkers Internacionais	27,61	32,40	38,30	40,65	40,07	69,75	62,37	63,49	62,66	65,30
	Aviação	27,61	32,40	38,30	40,65	40,07	69,75	62,37	63,49	62,66	65,30
	Combustão de Biomassa	28.283,20	28.625,70	28.968,10	29.310,60	29.653,10	29.996,10	30.339,00	30.678,20	31.020,70	31.152,60
Emissões fugitivas de combustíveis		0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,09
Gás Natural		0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,09

REFERÊNCIAS

- [1]-Segunda Comunicação Nacional (SCN) sobre Mudanças Climáticas, Outubro de 2011, Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental, Governo de Moçambique.
- [2]-Estratégia Nac. de Desenvolvimento (2015-2035), Julho 2014, Governo de Moçambique.
- [3]-Mozambique Climate Action Report, Resilience Policy Team, Irish Aid, 2015.
- [4]-Estratégia de Desenvolvimento de Energias Novas e Renováveis (EDENR) para o período 2011-2025, Ministério da Energia, República de Moçambique.
- [5]-Renewable Energy Technology Cost Review, Melbourne Energy Institute, Technical Paper Series, March 2011, Patrick Heapers, Dylan McConnell.
- [6]-Geração de Energia Eléctrica Utilizando Biomassa, 2010, Elio V. Preto e Gladson L. Mortoza, Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Eléctrica, Agosto 2010.
- [7]-Cost and Performance Analysis of Biomass-based Integrated Gasification Combined Cycle (BIGCC) Power Systems, Kevin R. Craig e Margaret K. Mann, 1996, NREL-National Renewable Energy Laboratory, Midwest Research Institute, USA, October 1996.
- [8]-World Energy Perspectives: Cost of Energy Technologies; World Energy Council for Sustainable Energy, 2013.
- [9]-Technology Data for Energy Plants; Generation of Electricity and District Heating, Energy Storage and Energy Carrier Generation and Conversion, ENERGINET.DK, 2012.

ARTIGO REF: 6981

UMA AGÊNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO E COOPERAÇÃO EM PORTUGAL

Alfredo Soares-Ferreira^{1(*)}, Carlos Antunes¹, Carlos Ramos², Diomar Santos¹, Eduarda Pinto Ferreira³, Fernando Martinho⁴, José Carlos Quadrado³, Paulo Jorge Teixeira⁵

¹ENGENHO & OBRA, Associação para o Desenvolvimento e Cooperação (E&O), Porto, Portugal

²Instituto Politécnico do Porto,, Portugal; ³Instituto Superior Engenharia do Porto, Portugal

⁴UniNorte - Cooperativa Polivalente, CRL (UniNorte) - Porto, Portugal

⁵Cooperativa do Povo Portuense, CRL - Porto, Portugal

(*)*Email*: alfredo.soares.ferreira@engenhoeobra.org

RESUMO

A ENGENHO&OBRA, Associação para Desenvolvimento e Cooperação (*E&O*) é uma associação da sociedade civil, fundada em 2006 no ISEP, a sua 1ª Entidade Fundadora. Ainda em 2006, a *E&O* solicitaria o estatuto de ONGD ao Ministério dos Negócios Estrangeiros de Portugal. A Missão da *E&O*, “*Melhorar a qualidade de vida das populações de países fragilizados, criando condições que permitam aumentar a sua autonomia através de projectos integrados de engenharia*”, está consagrada estatutariamente, desde a fundação. A *E&O* apresenta hoje um historial de 11 anos na área da Educação e da Cooperação para o Desenvolvimento. Projectos desenvolvidos em Portugal e nos Países da Lusofonia atestam a sua experiência nacional e internacional e o reconhecimento que lhe é devido, a nível de instâncias governamentais e não-governamentais. A *E&O* tem desenvolvido a sua actividade com recurso a técnicos credenciados e acreditados, formadores e consultores, em regime de voluntariado sénior e/ou na qualidade de prestação de serviços.

Na origem da proposta de uma Entidade de maior abrangência, está a constatação de que, em Portugal, a sociedade civil tem recursos limitados e de que ainda não existe uma consolidada tradição de Cooperação para o Desenvolvimento, Assim se equaciona a possibilidade de reconversão da *E&O* para uma Entidade que agrupe, de uma forma efectiva, os actuais Associados Institucionais e ainda outras organizações que, pela sua missão e práticas, queiram e possam desenvolver um projecto de inter-colaboração em trabalho intra-cooperativo, alargando o quadro actual, se bem que em outros moldes organizativos. A nova Entidade irá assim consubstanciar esforços tendentes a promover iniciativas concretas e projectos conjuntos, com a finalidade de contribuir para a autonomia e capacitação das populações e para uma melhoria das suas condições de vida, com dignidade e respeito pelas convenções internacionais, de defesa dos Direitos Humanos e das populações mais desfavorecidas, no estrito cumprimento dos Objectivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas, estabelecidos em Setembro de 2015 [UN, 2015]. O capital de conhecimento acumulado pela *E&O* constitui uma base real para a nova Entidade, uma evolução natural para uma plataforma de organizações que possa significar, nomeadamente na Região Norte do País, uma Parceria para o Desenvolvimento e para a Cooperação Nacional e Internacional, agregando experiências de outras Entidades Fundadoras, diversificadas e qualificadas, algumas já mais que centenárias.

No presente, o processo de globalização a nível mundial revela um mundo cada vez mais interdependente e interligado, onde os problemas colectivos não podem ser abordados unilateralmente [UNRISD, 2015]. Este processo tem conduzido, por outro lado, a um

desenvolvimento descontínuo e penalizador para as classes sociais mais desfavorecidas, exigindo a atenção crescente das agências internacionais na gestão dos problemas colectivos.

O futuro exige uma abordagem exigente e eficaz, em termos colaborativos e de trabalho em rede, a nível local, regional e nos planos nacional e internacional. Exige uma Entidade de tipo novo, capaz de juntar organizações com influência e prestígio, como Instituições de Ensino Superior e de Ensino Profissional, Autarquias, Organizações Não-Governamentais e de Economia Social, Empresas Privadas, Associações Locais, Associações Empresariais, Associações de Trabalhadores e/ou Fundações. Essa nova Entidade, que terá figura jurídica de Cooperativa de Interesse Público e Responsabilidade Limitada (vulgarmente designada como *Régie Cooperativa*), partilhará recursos, meios e conhecimento e deverá ser capaz de captar fundos nacionais e internacionais, no sentido de gerar iniciativas e projectos de base, com vista a adequar instrumentos de apoio e valor acrescido para as zonas de intervenção e populações seleccionadas. Acresce ainda a intenção da futura Agência, em mobilizar os meios necessários para implementar a Agenda 2030 (a Agenda 2030 é a nova agenda de acção até 2030, com base na definição dos 17 ODS, fixados na cimeira da ONU, em Nova Iorque (EUA), de 25 a 27 de Setembro 2015), através de uma *Parceria Global para o Desenvolvimento Sustentável* revitalizada e baseada num espírito de solidariedade global reforçada, centrada em particular nas necessidades dos mais pobres e mais vulneráveis e com a participação de todos os países, todas as partes interessadas e todas as pessoas [UN, 2015].

Mantendo, no entender dos Fundadores, a designação da marca “ENGENHO & OBRA”, a nova Entidade centrará em 5 pontos fundamentais a sua intervenção, através do trabalho intra-cooperativo dos seus membros: (a) identificação de necessidades das populações; (b) desenvolvimento de acções e projectos pelo Desenvolvimento Sustentável (Social, Ecológico e Económico) [Veiga, 2005] que envolvam, a nível local e nacional, entidades dos sectores público, privado, cooperativo e social e, a nível internacional, na Cooperação para o Desenvolvimento, nomeadamente na cooperação bilateral em parcerias entre regiões, através do apoio a redes e acções de desenvolvimento territorial integrado; (c) promoção de emprego e/ou trabalho intra-cooperativo, nomeadamente através da integração de jovens diplomados; (d) prestação de assistência técnica e de gestão aos cooperadores e a terceiros cuja actividade ou projectos se insiram nos objectivos da Agência; (e) promoção da Gestão do Conhecimento e a Inovação, nomeadamente em redes de informação e de intercâmbio de experiências.

Contando (em Janeiro 2017) com 13 Entidades Aderentes Fundadoras, a *E&O-ADC* será a primeira *Agência para o Desenvolvimento e Cooperação* em Portugal, sob a tipologia de *Régie Cooperativa*, projectando-se num futuro imediato como parceiro da Cooperação Portuguesa [UN, 2015].

REFERÊNCIAS

- [1]-Ministério Público, “Código Cooperativo (versão actualizada), Lei n.º 119/2015, de 31 de Agosto”, (2015), 3-6 e “Decreto-Lei nº 31/84 de 21 Janeiro”, (1984), 1-2.
- [2]-Nações Unidas, “Objectivos de Desenvolvimento Sustentável, 17 Objectivos para transformar o Mundo”, (2015), 35-37.
- [3]-UNRISD, “Fifty-third Session of the Board Geneva-Progress Report”, (2015), 49-60.
- [4]-UNRISD, “Policy Innovations for Transformative Change: Implementing the 2030 Agenda for Sustainable Development”, (2016), 48-50 e 158-159.
- [5]-Veiga, E., “Desenvolvimento Sustentável: o desafio do século XXI”, (2005), 10-12 e 173-175.

PROCEEDINGS

CLME2017 / V CEM

8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia
V Congresso de Engenharia de Moçambique
Maputo (Moçambique), 4-8 Setembro 2017

PAINEL-VI

GEOTECNIA E RECURSOS MINERAIS

Mesa do Painei

Adriano Sevano (Director do Instituto Nacional de Minas, Moçambique)

Carlos Caxaria (Pres. do Colégio de Eng. Geolog. e Minas/OE, Portugal) - Moderador

Casimiro Francisco (Pres. Cons. Admin. da EM Exploração Mineira, Moçambique)

Elias Daudi (Director Nacional de Geologia e Minas, Moçambique)

Joaquim S. Góis (Professor da FEUP/OERN/CERENA, Portugal)

Letícia Klemens (Ministra dos Recursos Minerais e Energia, Moçambique)

ARTIGO REF: 6481

LICENÇA SOCIAL PARA OPERAR E RESPONSABILIDADE SOCIAL EMPRESARIAL: DESAFIOS PARA A INDÚSTRIA MINEIRA EM MOÇAMBIQUE

Romualdo José Romão Brito^{1,2(*)}, Nellia Mutemeri², Pinho Filipe Pedro Pires³, David Selemane José⁴

¹Instituto Superior Politécnico de Tete (ISPT), Tete-Moçambique

²University of the Witwatersrand, Johannesburg-South Africa

³Rede Africana Juvenil, Tete-Moçambique

⁴Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS-Brasil

(*)Email: rbrito@ispt.ac.mz

RESUMO

Este artigo analisa as iniciativas de RSE de duas empresas mineiras na Província de Tete com o intuito de avaliar as suas práticas, as expectativas de todos os parceiros interessados e tirar lições para o futuro. O método de estudo de caso foi o escolhido para a análise dos processos de RSE e com isso compreender qual a sustentabilidade dos projectos ora em curso. Inclui-se uma revisão da literatura, análise de relatórios de sustentabilidade e uma pesquisa de campo para colecta de dados nas regiões impactadas pela mineração em Tete. O artigo apresenta recomendações ao governo, empresas mineiras e as comunidades locais sobre integração dos programas de RSE com os programas de desenvolvimento sócio-económico local ora em curso.

INTRODUÇÃO

A indústria mineira é uma das mais importantes actividades económicas em Moçambique e dá indicação de ser um sector promissor para o crescimento sócio-económico do país devido a entrada de investimento estrangeiro directo e captação de receitas para o Estado.

As actividades mineiras têm sido levados a cabo em diversas partes de Moçambique, porém, a extracção do carvão está concentrada na Província de Tete. O recente *boom* na indústria mineira, particularmente na bacia de Moatize-Munjova atraiu empresas mineiras multinacionais como Vale, Rio Tinto (hoje ICVL), Jindal, Ncondezi coal, Minas de Revubué, Minas Moatize e outras (Figura 1).

A presença destas empresas mineiras e as questões ligadas aos impactos sócio-ambientais como responsabilidade social, reassentamento e poluição trazem desafios para o contexto moçambicano. A responsabilidade social empresarial (RSE) é uma ferramenta importante na indústria mineira pela oportunidade na maximização dos impactos positivos, como por exemplo, criação de postos de trabalho, possibilidade de desenvolvimento económico local e a minimização dos impactos sócio-ambientais negativos, como o reassentamento, crime, pobreza extrema, drenagem ácida, poluição do ar e da água. A pesquisa e a monitoria da relação entre a indústria mineira e a sociedade são importantes para avaliar as expectativas das comunidades locais, organizações não-governamentais e outros parceiros interessados. É do interesse da indústria mineira, governo e comunidades locais avaliar como as empresas mineiras gerem os impactos sócioeconómicos e ambientais das suas actividades, assim sendo o engenheiro deve estar preparado para lidar com as questões como licença social para operar

e responsabilidade social empresarial. Apesar das empresas mineiras promoverem actividades filantrópicas, o desafio em Moçambique, em particular em Tete é ver as práticas de responsabilidade social empresarial implementadas de forma estratégica e alinhadas com os programas de alívio à pobreza e desenvolvimento local participativo e inclusivo (Besharati, 2012). Hoje em dia, é difícil dissociar a engenharia de minas dos impactos que ela causa. Porém precisamos estar cientes que compensações pela área ou infraestrutura tomada para actividades mineiras e RSE são dois conceitos diferentes. A primeira é de carácter obrigatório pelo facto da empresa ser responsável pelos impactos sócio-ambientais e a segunda é de carácter voluntário pois a empresa faz investimentos sociais com vista a melhorar a vida económica e social das comunidades impactadas e do país no geral. A RSE é uma ferramenta pela qual as empresas mineiras engajam as comunidades locais e deste modo vão mantendo a “licença social para operar (LSO)” (Harvey, 2014).

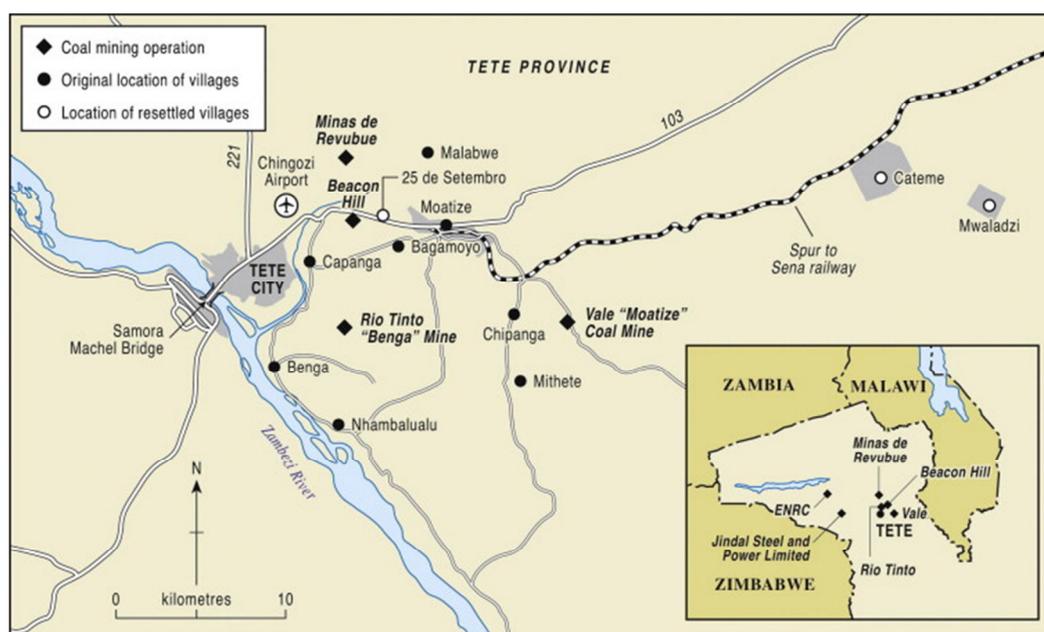


Fig. 1 - Cidade de Tete, Comunidades deslocadas e reassentadas. Fonte: Kirshner e Power (2015).

Este artigo analisa as iniciativas de RSE de duas empresas mineiras com o intuito de avaliar as suas práticas, as expectativas de todos os parceiros interessados e tirar lições para o futuro. O método de estudo de caso foi o escolhido para a análise dos processos de RSE e com isso compreender qual é a sustentabilidade dos projectos ora em curso. Inclui-se uma revisão da literatura, análise de relatórios de sustentabilidade e uma pesquisa de campo para colecta de dados nas regiões impactadas pela mineração em Tete (Figura 1). O artigo apresenta recomendações ao governo, empresas mineiras e as comunidades locais sobre integração dos programas de RSE com os programas de desenvolvimento sócio-económico local ora em curso.

IMPACTOS E RISCOS DA MINERAÇÃO

A mineração é uma actividade finita que traz benefícios económicos para os países detentores de recursos mineiras passíveis de serem explorados, porém a par destes benefícios há os legados ambientais, sociais e culturais positivos e negativos. É importante desenvolver programas para mitigar as necessidades sociais e ambientais durante a vida das minas. As minas têm de contribuir para o desenvolvimento social e económico em áreas afectadas pelas operações de mineração (Andrews, 2013).

As empresas de mineração são responsáveis por seus impactos sociais e ambientais e devem procurar gerenciar e monitorar esses impactos (Jenkins e Yakovleva, 2006). Esta é a razão para a responsabilidade social das empresas. A Tabela 1 ilustra a natureza multidimensional dos principais impactos sociais, económicos e ambientais da mineração.

A mitigação dos impactos ambientais das actividades de mineração deve incluir os impactos ambientais do projecto desde do início da operação da mina e até da recuperação pós-encerramento. Alguns dos impactos ambientais da mineração podem ser mitigados através da melhoria da mineração e práticas associadas. Por exemplo, as estratégias de gestão da poluição do ar podem incluir a melhoria do manuseamento das práticas de transporte, a pulverização de água nas estradas para a supressão de poeiras e o desenvolvimento de cintos verdes (Laurence, 2011). A mitigação do impacto social deve focar dois grupos: pessoas deslocadas e comunidades locais afectadas pelo projecto (Chikkatur et al., 2009). Para o primeiro, é imperativo garantir uma compensação adequada para os bens, bem como proporcionar oportunidades para ganhar um modo de vida que é pelo menos comparável à situação pré-deslocamento. Para as comunidades locais, os programas de desenvolvimento comunitário devem garantir que recebam benefícios económicos e outros benefícios da presença do projecto de mineração (Owen e Kemp, 2014).

Tabela 1 - Impactos da mineração (Mondoloka, 2017).

Dimensão	Impactos ao nível local, regional e nacional
Social	Educação, saúde, comunidades, famílias e cultura, etc.
Ambiental	Terra, ar, água, fauna e flora
Económica	Emprego, postos de trabalho, empreendedorismo, ambiente de negócios
Infraestruturas	Energia, água, saneamento, comunicação, estradas, pontes, etc.
Direitos humanos	Emprego, segurança, reassentamentos, conflitos, transparência e anti-corrupção

RESPONSABILIDADE SOCIAL EMPRESARIAL (RSE)

O conceito de responsabilidade social empresarial (RSE) tem estado a crescer em importância e significado a partir de 1950 até hoje (Dahlsrud, 2008). Ele é aplicado em diferentes áreas, mas ainda permanece com muitas definições. A responsabilidade social das empresas é hoje bastante importante para que as organizações desenvolvam objectivos nesta área.

De acordo com Carroll (1999) e Carroll e Shabana (2010), uma corporação tem quatro responsabilidades principais como o cumprimento de responsabilidades económicas - ser rentável; Responsabilidades éticas - ser ético; Responsabilidades legais - obedecer às leis; e filantrópicas - contribuem para melhorar a qualidade de vida da comunidade.

Segundo Dahlsrud (2008), as duas definições mais comuns de RSE são as apresentadas pela Comissão das Comunidades Europeias (CCE) em 2001 e pelo Conselho Mundial de Negócios para o Desenvolvimento Sustentável (WBCSD) em 1999. A CEC define a RSE como "Um conceito pelo qual as empresas integram preocupações sociais e ambientais nas suas operações de negócio e na sua interacção com as suas partes interessadas numa base voluntária" (Dahlsrud 2008). O WBCSD define a RSE como "o compromisso das empresas de contribuir para o desenvolvimento económico sustentável, trabalhando com os funcionários, suas famílias, a comunidade local ea sociedade em geral para melhorar sua qualidade de vida" (Dahlsrud, 2008).

Em 2010, a International Standard Organization (ISO) produz orientações para a responsabilidade social e este documento define a RSE como

"Responsabilidade de uma organização pelos impactos de suas decisões e atividades na sociedade

Ambiente através de um comportamento transparente e ético que

- contribui para o desenvolvimento sustentável, incluindo a saúde eo bem-estar da sociedade;
- ter em conta as expectativas das partes interessadas;
- está em conformidade com a legislação aplicável e de acordo com normal internacional de comportamento; e
- está integrada em toda a organização e praticada nas suas relações. "ISO (2010).

Como estas definições mostram, a compreensão da CSR pode variar e a definição é muitas vezes relacional. A RSE pode ser influenciada pela cultura, contexto, religião, governo e leis e estruturas legais. Não existe uma definição universal do termo, o que cria um desafio para as empresas e os decisores políticos quando se trata de identificar e abordar os desafios da RSE (Carroll, 1999; Carroll e Shabana, 2010; Esau e Malone, 2013). Nos países em desenvolvimento, a RSE pode ser entendida como representando "as formas formais ou informais pelas quais as empresas contribuem para melhorar as condições de governação, sociais, éticas, trabalhistas e ambientais dos países em desenvolvimento em que operam tendo em conta os contextos históricos e culturais "(Visser, 2006).

O agravamento de um determinado problema social, os impactos sobre o ambiente e o factor económico e a força das partes interessadas são exemplos importantes de factores que orientam a evolução das acções de RSE. A RSE é uma questão controversa para os gerentes de negócios e seus *stakeholders*, especialmente na África, porque muitos aspectos desse conceito são "*importados*" do Ocidente. É importante que o governo, os decisores políticos, o mundo académico e as empresas do sector trabalhem em conjunto para criar condições para que a RSE contribua positivamente para as pessoas afectadas, directa e indirectamente, pela indústria extractiva em África (Esaú e Malone, 2013).

A RSE é importante para o sector de mineração pela possibilidade de maximização de impactos positivos, como criação de emprego, possibilidade de desenvolvimento local e minimização de impactos sociais e ambientais negativos, como reassentamento, crime, drenagem de rocha ácida, poluição do ar e da água (Jenkin e Yakovleva, 2006). Por outro lado, a opinião pública do sector de mineração é geralmente negativa. Lidar com a pressão de grupos que lidam com questões ambientais, manter "*licença social para operar*" e proporcionar capacidade para melhorar o desenvolvimento local nos países em desenvolvimento, especialmente em áreas remotas, são algumas das razões para avaliar e pesquisar a relação entre a indústria de mineração e a sociedade.

No contexto da mineração, a RSE significa a aceitação de iniciativas e ações das empresas mineradoras, do governo e das comunidades locais para contribuir para o desenvolvimento sustentável das comunidades afetadas pelas atividades de mineração (Yakovleva, 2005). Acreditamos que a RSE é um conceito orientado para as partes interessadas e que deve ser dada especial atenção à compreensão das suas expectativas e percepções sobre este conceito.

LICENÇA SOCIAL PARA OPERAR (LSO)

O termo *licença social para operar* emergiu no contexto da indústria mineira nos anos 90, e reflecte a aceitação social dos empreendimentos mineiros pelas comunidades onde estes projectos são implantados. Esta aceitação só é possível quando a boa vontade e a confiança são estabelecidas entre as empresas e as comunidades. A LSO existe quando há uma aceitação e aprovação dos projectos pela sociedade como um todo.

No caso dos projectos mineiros, a LSO joga um papel primordial no sucesso dos mesmos. Quando esta licença social não é alcançada, vários constrangimentos surgem como por exemplo, greves, bloqueios, protestos sociais, campanhas anti-mineração nos média e redes sociais.

A LSO pode ser vista com um conjunto de direitos, regras e procedimentos de tomada de decisão entre as empresas mineiras e as comunidades locais (Prno e Slocombe, 2012). As expectativas das empresas e das comunidades locais são negociadas entre ambos por forma que haja respeito, confiança e boa vontade entre as partes interessadas. A LSO é um processo dinâmico que segue um contexto temporal onde a negociação formal e informal jogam um papel particular. De acordo com Nelsen (2006), a LSO cria “*um fórum para negociações onde as partes envolvidas são ouvidas, compreendidas e respeitadas*”. Estas negociações podem ser do tipo formal, onde há acordos cara-a-cara ou do tipo informal, onde as empresas incorporam as expectativas da comunidade de forma implícita na cultura organizacional da empresa.

O conceito de LSO surge no contexto da indústria mineira, mas vem ganhando espaço em outras áreas temáticas como engenharia civil, eléctrica e de florestas, onde o desafio de responder às demandas sociais, além dos habituais desafios tecnológicos e de gestão. Há uma tendência dos sectores de engenharia, sustentabilidade, segurança, principalmente quando se trata de mapear os riscos, tratar as questões tecnológicas de forma separada das influências sociais (Frank e Cohen, 2012).

Para Thomson e Boutilier (2011), a LSO basea-se no relacionamento entre os *stakeholders* ou partes interessadas num clima de colaboração e engajamento de todos. A LSO é um processo de negociação contínua e complemento às licenças regulatórias, que se consegue e se mantém através da participação das partes interessadas.

Prno e Slocombe (2012) mencionam que a participação do público, a capacitação local para a tomada de decisão e a oportunidade de aprendizagens sociais na comunidade são factores chave para a obtenção duma LSO. Outros factores chave identificados por Nelsen e Scoble (2006) são: a compreensão da cultura local, língua e história; manutenção da reputação corporativa positiva; a necessidade de educar os actores locais sobre o projecto e a garantia duma comunicação aberta entre as partes interessadas.

No caso de Moçambique, dada a relevância que a indústria extractiva tem no cenário económico, o debate sobre a LSO deve ser feito. Este trabalho visa analisar o processo de LSO sobre o ponto de vista das comunidade locais afectadas pela mineração.

METODOLOGIA

Este trabalho de pesquisa é de cunho qualitativo a partir de dados primários sobre ambiente, questões sociais, económicas e papel do governo com especial atenção para áreas afectadas pelas operações de mineração de carvão. Além disso, serão utilizados dados qualitativos, como documentos, artigos científicos e outras fontes para a interpretação de questões sobre

desenvolvimento sustentável local. Os indicadores para este projecto são a dimensão ambiental, social e econômica para o desenvolvimento sustentável.

O trabalho de campo para este trabalho foi realizado durante os meses de Agosto e Setembro de 2016. Os entrevistados são da região mineira na bacia de Moatize. Esta pesquisa foi utilizada uma pesquisa quantitativa e qualitativa focada nas percepções das comunidades locais nas áreas de mineração. Isto é vital para ajudar a entender como as empresas de mineração de carvão contribuem para alcançar o desenvolvimento sustentável através da responsabilidade social das empresas.

Os dados primários foram colectados por meio de questionários e entrevistas uma de amostra de: membros da sociedade civil local, gestores das empresas, autoridades locais, provinciais e nacionais. Este procedimento foi utilizado para obter informações sobre o status socioeconômico, questões ambientais, legislações e estratégias envolvidas na prática da responsabilidade social corporativa. Todas as entrevistas foram conduzidas pessoalmente, pois isso proporciona uma melhor impressão da experiência dos informantes sobre as questões de responsabilidade social corporativa e envolvimento comunitário com o desenvolvimento sustentável.

O estudo consistiu em entrevistas semi-estruturadas com representantes de empresas de mineração (3 indivíduos), autoridades locais e provinciais e autoridades locais (5), sindicatos, ONGs e organizações comunitárias locais (10) e consultores e universidades (5). Além das entrevistas, a pesquisa consistiu em uma discussão de grupo facilitada envolvendo 18 participantes de empresas de mineração, governo local e organizações da sociedade civil. A todos os participantes foram assegurados o direito ao anonimato, especialmente a comunidade e organizações sociais. Isso foi feito para garantir respostas honestas e directas baseadas em experiências e percepções. Os entrevistados forneceram seu consentimento por escrito antes de prosseguir com uma entrevista gravada.

Os resultados dos questionários e entrevistas comparados com estudos relacionados e relatórios de sustentabilidade. Por isso, o presente estudo procura atualizar os estudos sobre a dinâmica do setor de mineração, em particular com as interações entre empresas de mineração e comunidades locais, em termos do modelo de RSE e desenvolvimento comunitário.

DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E EMPRESAS ESTUDADAS

A área de estudo situa-se na localidade de Moatize, a 20 km da cidade de Tete, localizada a NE da capital provincial, entre os paralelos 15° 37'e 16° 38' de latitude Sul e entre o meridiano 33° 22'e 34° 28'de longitude Leste. Limita-se ao Norte pelos distritos de Chiuta e Tsangano; A Leste pela República do Malawi, o Sul pelos distritos de Tambara, Guro, Changara e cidade de Tete, ao longo do rio Zambeze e Mutarara através do rio Mecombedzi; E ao Oeste pelo distrito de Chiuta e de Changara (vide Figura 1).

A seguir apresenta-se o ponto de situação dos dois projectos mineiros em estudo.

Vale

A área de concessão da Vale (Mina) está localizada a 17 km a Noroeste da cidade de Tete, a 180 km a Sudoeste da barragem de Cahora Bassa e a 80 km a oeste da fronteira com o Malawi. A Mina de Moatize é propriedade da Vale (80%), Mutsui (15%) e Estado Moçambicano através da Empresa Moçambicana de Exploração Mineira detém 5% (Mining Weekly, 2015).

A Vale iniciou seus estudos de exploração e viabilidade em 2005/6 e em 2008 recebeu uma licença de desenvolvimento de cinco anos, o que lhe permitiu construir uma mina de carvão de US \$ 1,3 bilhões em Moatize. A partir de 2011, a Vale vem produzindo coque e carvão térmico, para as suas exportações para a Ásia, particularmente Índia e China (del Castillo Kasten, 2012). Esta concessão tem uma vida útil estimada de 35 anos. A Figura 1 mostra a localização da concessão da Vale e áreas adjacentes perto de Vila de Moatize.

Segundo o seu relatório de sustentabilidade (2013), o projecto de carvão de Moatize é o maior investimento da Vale em carvão mineral. A Vale tem investimentos no Brasil e Canada.

ICVL

O projecto da mina de Benga inicialmente era um investimento da mineradora australiana Rio Tinto que começou a operar em 2012, tendo produzido nesse ano cerca de 708 mil toneladas de carvão (Mining Weekly, 2015; Mimbire, 2016).

De acordo com o Mining Weekly (2015), em Julho de 2014, a International Coal Ventures Limited (ICVL) adquiriu os 65% do investimento que a Rio Tinto detinha sobre a mina de Benga e 100% sobre o projecto Zambeze a um custo de 50 milhões de dólares. Os restantes 35% do capital da mina de Benga são da empresa privada indiana Tata Steel. É de referir que após a sua aquisição pela ICVL, a mina não vem operando em pleno devido a vários factores como o custo de transporte e o preço do carvão no mercado.

A empresa regista perdas anuais entre 7 e 10 milhões de dólares devido a falta de infraestrutura e aos altos custos de operação facto que aliado a falta de mercado devido aos baixos preços, obrigaram que a empresa reduzir a sua capacidade de produção de 5,3 milhões de ton/ano para cerca de 3,6 milhões de ton/ano. Em dezembro de 2015, a empresa parou de produzir e concentrou-se em vender o seu stock de carvão armazenado (Mimbire, 2016).

A ICVL é uma empresa de capitais indianos que tem investimentos da Steel Authority of India Limited (SAIL), Coal India Limited (CIL), Visakhapatnam Steel Plant (VSP, NMDC Limited e NTPC Limited (Mining Weekly, 2015).

Responsabilidade social corporativa em Tete

O tema da responsabilidade social das empresas vem ganhando corpo no contexto das indústrias extractivas em Moçambique, particularmente em Tete através do debate sobre o seu potencial para o desenvolvimento económico e social das comunidades locais. Actualmente há uma forte consciência sobre a questão, em grande parte devido à recente aprovação da política de responsabilidade social corporativa na indústria de mineração e as políticas corporativas (Conselho de Ministros de Moçambique, 2014).

As actividades de mineração causam impactos ambientais e sociais importantes que devem ser mitigados e minimizados para evitar a criação de conflitos sociais nas comunidades afectadas. Desde meados da década de 2000, vários estudos apontam para uma necessidade de atenção no impacto das indústrias extrativas dentro das comunidades afectadas pelas actividades de mineração (Mosca e Selemene, 2012).

Melhorar a qualidade de vida das populações e a expectativa de ganhos provenientes da mineração devem ser harmonizados para que os resultados sejam visíveis nas comunidades locais. É imperativo relatar a sustentabilidade no nível local de uma forma que demonstre o

impacto de cada empresa nas comunidades afectadas. O caso da mineração na província de Tete mostra que é necessário realizar estudos sobre o impacto das ações de desenvolvimento sobre as pessoas que vivem em áreas de mineração.

Estudos realizados por del Castillo Kasten (2012) e Mosca e Selemane (2012) sobre áreas afectadas pela indústria de mineração em Tete mostram diferentes aspectos a destacar:

1. A falta de um plano de uso da terra que reflecta a especialização produtiva, infra-estrutura, urbanização e reassentamento de populações, reservas naturais e ambientais, etc. De acordo com a Lei de Minas actual existe uma prioridade de terra para fins de mineração sobre outras actividades económicas.
2. O deslocamento das populações foi caótico e essas populações foram deslocadas para regiões agrícolas menos produtivas sem serviços sociais e de transporte e menos oportunidades formais de desenvolvimento económico.
3. É necessário melhorar a articulação entre os diferentes agentes económicos e empresas de mineração para produzir um plano de desenvolvimento económico para as populações locais.

A percepção real é que as empresas de mineração têm de incorporar a RSE em seus processos de planeamento de longo prazo, desde a fase de exploração até o fechamento (Hitch, Ravichandran & Mishra, 2014). Walker e Howard (2002) observam que a RSE e outras iniciativas voluntárias desse tipo são questões importantes para as empresas de mineração, e delinearam várias razões. A primeira razão é que a opinião pública sobre o sector como um todo é contra, uma vez que a opinião das indústrias de extração de recursos naturais é influenciada principalmente por preocupações sobre o desempenho ambiental e social do que desempenho em áreas como a fixação de preços, qualidade e segurança do produto (Rae e Rouse, 2001). Em segundo lugar, os grupos de pressão têm constantemente alvejado o sector a nível local e internacional, desafiando a legitimidade da indústria. Em terceiro lugar, o sector financeiro concentra-se cada vez mais no sector, tanto a nível da gestão dos riscos como da responsabilidade social (Jenkins e Yakovleva, 2006). Finalmente, manter "*licença social para operar*" é um desafio constante para as empresas de mineração. A oposição às operações de mineração é baseada na acusação de falta de envolvimento da comunidade, reassentamentos, impacto no uso da terra da agricultura, poluição e impactos relacionados à saúde (Yakovleva, 2005; Besharati, 2012). Vários protestos populares aconteceram nas comunidades de Cassoca, Cateme e Bairro 25 de Setembro (HRW, 2013). Segundo HRW (2013) estes protestos tem como causa o incumprimento de promessas feitas pelas empresas às comunidades. Torna-se imperioso que as empresas, comunidades e o governo estabeleçam de forma clara um memorando de desenvolvimento comunitário, onde esteja claro o papel de cada parte interessada.

O foco desta pesquisa sobre empresas de mineração e comunidades de acolhimento é devido à relevância crítica da RSE para o setor de mineração. Jenkins e Yakovleva (2006) afirmam que "a descoberta, extração e processamento de recursos minerais é amplamente considerada como uma das actividades mais prejudiciais ao meio ambiente e socialmente levadas a cabo pelas empresas". No entanto, no contexto mineiro moçambicano, uma revisão da literatura sobre o tema revela uma lacuna na investigação que aborda especificamente o tema da RSE.

Actualmente, surgem dois conceitos na literatura - desenvolvimento sustentável e sustentabilidade. O desenvolvimento sustentável surgiu como uma nova teoria de promoção do desenvolvimento de forma equilibrada (Roseland, 2000). Assim, torna-se imperativo que haja um reflexo dos principais modelos de desenvolvimento que influenciam fortemente as

políticas de desenvolvimento, especialmente no que diz respeito às regiões onde o principal sector econômico é a mineração.

Vale ressaltar que a sustentabilidade dos projectos de RSE e investimentos sociais das regiões extractivas é viável, mas deve haver justiça social, eficiência econômica e prudência ecológica. Assim, o conceito de sustentabilidade razoável, que afirma que o capital natural extraído pode gerar o desenvolvimento de outro capital produtivo e atender aos critérios e às condições sociais, ecológicas e econômicas envolvendo empresas, governos e comunidades, deve ser levado em consideração (Tiainen, Sairinen e Novikov, 2014).

Também é verdade que é possível desenvolver políticas públicas para evitar o colapso das economias baseadas na mineração (Campbell, 2012). Esse colapso pode ser evitado expandindo e diversificando a base econômica, reduzindo assim o peso relativo da economia mineral. Com relação a isso, os governos locais têm um papel decisivo no processo de desenvolvimento econômico, porque se considera que os governos fracos são incapazes de implementar políticas públicas necessárias para reestruturar essa base de produção (Roseland, 2000).

Com base nessa abordagem, McPhail (2010) acredita que a promoção do desenvolvimento sustentável dos territórios assenta em quatro vectores, a saber: o crescimento econômico - que alavanca o território e contribui para a geração de bem-estar social; A distribuição de benefícios - que se refere à prestação de serviços públicos com base no crescimento econômico; Recursos naturais sustentáveis - que está relacionado com a preservação e uso eficiente dos recursos naturais, e gestão democrática - que visa garantir a governança compartilhada da direção desse desenvolvimento.

De acordo com Brito e Mutemeri (2015), o processo de responsabilidade social das empresas mineiras em Tete, precisa duma cooperação ampla entre as partes interessadas. Esta cooperação passa por se criar uma cultura de participação, diálogo e cooperação de todas as partes interessadas de forma aberta e franca. A criação dum fórum (veja Figura 2) com a capacidade de debater e criar articulação entre as empresas e as comunidades poderia ser trazer benefícios a médio e longo prazo.

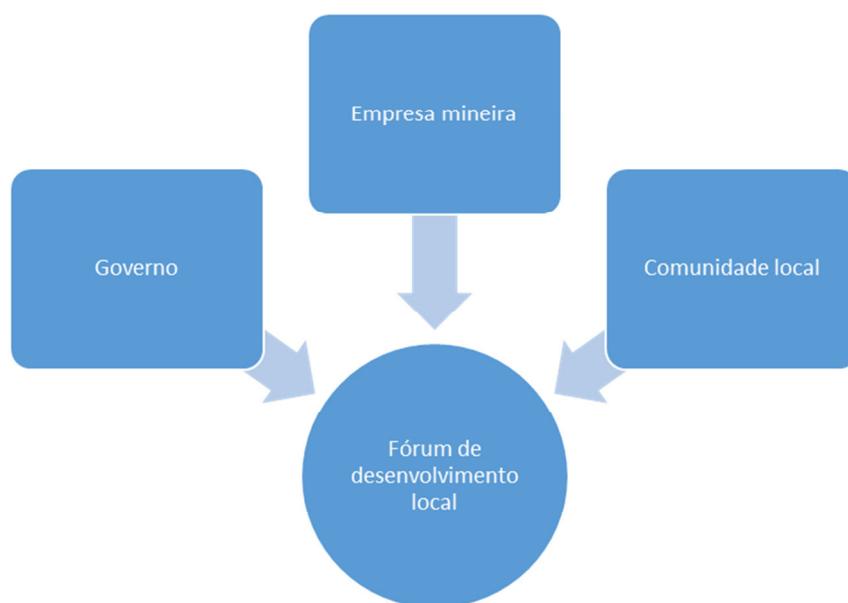


Fig. 2 - Esquema para Fórum local de desenvolvimento. Fonte: Brito e Mutemeri (2015).

Em resumo, é necessário analisar o impacto real do sector de mineração para alívio da pobreza e contribuição para o bem-estar das comunidades locais. A parceria entre o governo, as comunidades locais e as empresas de mineração é necessária através da responsabilidade social das empresas, a fim de evitar uma maldição de recursos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As empresas Vale e ICVL vem desenvolvendo suas práticas de responsabilidade social nas regiões de Benga, Vila de Moatize, Cateme e Mualadzi. Estas práticas que são aqui apresentadas foram obtidos a partir de relatórios de sustentabilidade (Vale, 2013) e entrevistas aos técnicos dos departamento de relação empresa-comunidade. Dados colhidos através de entrevistas aos membros das comunidades citadas vem reforçar sobre o que é prática nestas comunidades em questões de investimentos sociais feitas pelas empresas acima citadas.

Esta secção apresenta os seguintes pontos de análise: conceito de RSE e LSO por parte das empresas, governo e comunidades locais; diálogo e participação; Educação; Saúde; Infraestruturas e desenvolvimento urbano; Emprego e desenvolvimento local.

Entendimento sobre RSE e LSO

Os resultados das entrevistas mostram que há percepções diferentes da RSE e LSO. A maioria dos entrevistados acredita que a RSE é uma forma da empresa compensar as comunidades pelos danos ambientais e sociais causados pelas suas actividades.

Alguns respondentes também relatam que essas responsabilidades pela empresa estão associadas ao facto de que as empresas precisam de uma *licença social para operar* de modo a terem um relacionamento pacífico e harmonioso com a população circundante e o meio ambiente. O destaque dado pelos entrevistados é sobre a minimização dos impactos sociais e ambientais. A maioria diz que o problema da responsabilidade exige o comprometimento das comunidades locais, do governo e das empresas de mineração. Alguns dizem que a responsabilidade social é apenas uma campanha de marketing pelas empresas e outros afirmam que isso simplesmente não existe. O aspecto económico da RSE não é bem percebido pelos entrevistados, uma vez que a maioria só pensa no desempenho da empresa e esquece que o governo e as comunidades locais também têm um papel a desempenhar neste processo.

A seguir estão alguns exemplos de compreensão da RSE pela comunidade local, governo, empresas e organizações da sociedade civil:

"As empresas mineiras têm uma responsabilidade social sobre nós, quando eles vieram e elas encontraram nos a viver aqui. Eles tiraram nos das nossas casas e lugares onde praticamos nossas actividades e hoje estamos em lugares onde isso não é possível praticar a agricultura por exemplo. A empresa deve aproximar e ouvir as coisas que nos interessam como agricultura, saúde e educação para nossos filhos." (Entrevista com informante local, Moatize, Setembro de 2016).

"Entender que a RSE é o papel que a empresa tem para atender às necessidades da comunidade onde actua, promovendo o bem-estar da comunidade local e ajudando-os a resolver seus principais problemas de meio ambiente e desenvolvimento comunitário". (Entrevista com informante da sociedade civil, Moatize Agosto de 2016)

"Eu acredito que a empresa mineira precisa ser responsável para viver em paz com a comunidade local onde os minerais são produzidos, devendo então eles procuram trazer o benefício para as comunidades que eles afectaram, através de programas de desenvolvimento e combate a pobreza." (Governo local informante, Moatize, Setembro de 2016).

Os entrevistados convergem no aspecto da responsabilidade social empresarial como resposta ética às populações que vivem nas áreas de mineração. Todos foram unânimes em dizer que é importante definir os papéis do governo, da empresa e da comunidade local na implementação de planos de responsabilidade social.

Uma das questões identificadas é a *"mentalidade de dependência"* nas acções sociais das empresas, visto que muitas expectativas foram criadas em relação com a indústria de mineração. Nesse sentido, é necessário que as empresas criem um plano de desenvolvimento económico claro e prestem os serviços necessários para seus funcionários e para a comunidade local, para que tenham uma vida normal, rumo a progresso social.

Diálogo e participação

A relação e o diálogo social com as comunidades e outras partes interessadas localizadas em áreas directamente afectadas por um projecto é um processo vital na implementação, operação e sustentabilidade de grandes empresas como o caso do Projeto Carvão Moatize (Vale) e Mina de Benga (ICVL). Esta relação é importante tanto na perspectiva de intervenção a curto como a médio prazo, como também a longo prazo. De acordo com seu relatório de sustentabilidade (2013), a Vale criou o Programa de Relacionamento com a Comunidade. A Vale iniciou atividades de diálogo com as comunidades vizinhas à Mina Moatize em 2005 e, desde então, acumulou uma riqueza de informações e lições aprendidas sobre a relação entre a população local eo Projeto Carvão Moatize.

Através dessa experiência, a Vale propõe uma abordagem múltipla e uma melhoria do modelo de intervenção na área de implementação do projecto, que considera aspectos específicos da relação entre a empresa e as comunidades através de diferentes frentes, a saber: Engajamento com líderes comunitários para manter a relação direta / permanente; Contato com os líderes e ouvir as questões das comunidades que são apresentadas pelo líder e ouvir as idéias que possivelmente podem ter para trabalhar em conjunto; Conjunto de stakeholders; - A Matriz das Partes Interessadas que actualiza-se mensalmente para mapear a relação dos pontos focais com as instituições e os informantes-chave da comunidade; Necessidades da comunidade de serviços através de centros comunitários de saúde e trabalhadores comunitários; Promoção de actividades culturais, desportivas e recreativas (VALE, 2013).

De acordo com um dos oficiais do departamento de relações com a comunidade da ICVL, esta vem adoptado a mesma linha de actuação da Rio Tinto, pois os canais de diálogo ora criados mantém-se. Para a ICVL, o diálogo com as comunidades é uma prioridade.

De acordo com um informante-chave da sociedade civil local, é essencial que todas as partes da sociedade - mulheres, jovens, idosos, religiosos, pobres e deficientes, bem como os ricos e poderosos devem engajarem no projecto, pois o sucesso dos projectos socialmente responsáveis depende do trabalho conjunto.

Diferentes pontos de vista surgiram na discussão em grupos nas comunidades, destacando que a vila de Moatize tem diferentes tipos de comunidades - comunidades reassentadas e

comunidades não reassentadas. No durante desta pesquisa, os participantes identificaram impactos sociais e ambientais associados a três grandes questões - sociais, ambientais e econômicas. Quanto ao aspecto social, os principais aspectos foram apresentados sobre os seguintes tópicos - custo de vida, crescimento populacional, educação, saúde, família e criminalidade. No tema sobre o meio ambiente, foram apresentados os principais temas - poluição, erosão e consumo de água. Em relação ao aspecto econômico foram apresentados - desenvolvimento, crescimento econômico, emprego local e *royalties* e receitas da mineração.

Educação

De acordo com uma das técnicas do departamento de relações com a comunidade da Vale, a empresa considera "a educação é uma chave para o desenvolvimento e o crescimento econômico dum país". A Vale ajudou a direcção de educação local, com a construção de duas escolas no distrito de Moatize. No seu plano de RSE para educação da Vale, tem como um dos objectivos prioritários dar cinco bolsas de estudo para os pobres para o nível de ensino superior. Segundo um dos técnico da Vale, o projecto de bolsas de estudo para o ensino superior surgiu após a análise de necessidades onde notou uma escassez de estudantes na comunidade que participam no ensino superior devido à falta de oportunidades para os alunos que terminam o ensino secundário e a falta de capacidade financeira das famílias. Segundo o mesmo, a implementação de um projecto que dê bolsas de estudo aos estudantes que frequentam o ensino superior provavelmente motivará os alunos a concluírem o ensino médio com bom desempenho, já que as notas obtidas serão usadas na seleção dos beneficiários.

Os cursos profissionalizantes que resultaram do Memorando de Entendimento entre o Governo da Província de Tete e Vale Moçambique e previram a formação de 300 estagiários em vários ramos, o que beneficiaria de futuras oportunidades de emprego aos jovens (Vale, 2013). Os cursos de formação vem sendo implementados durante os anos de 2012, 2013 e 2014 por duas instituições, o Instituto Nacional de Emprego e Formação Profissional (INFFP) e outra o Tecnicol, duas parceiras do projecto de educação da Vale.

Estes cursos abrangiam um grande número de beneficiários, reunindo alguns dos quais empregados. Durante a avaliação deste projecto, o principal achado foi que apesar dos cursos profissionais terem treinado um grande número de pessoas, grande maioria destas ainda estão desempregadas por falta de oportunidades de emprego no mercado de trabalho.

Por outro lado, constatou que há uma falta de conhecimento técnico e profissional entre a população circunvizinha. A avaliação das necessidades junto das autoridades mostrou também que as principais áreas com falta de recursos humanos são: profissionais de saúde: enfermagem; farmácia; assistentes comunitários, parteiras; educação: professores de escolas primárias e professores de escolas secundárias.

Assim, esses cursos poderiam atender às necessidades do setor governamental, onde há déficit dos recursos humanos acima mencionados. Segundo um dos técnicos da Vale, para melhor sucesso do projecto, o governo distrital deve apresentar uma lista de áreas onde há falta de recursos humanos, aumentando assim a chance de os beneficiários serem utilizados pelo sector governamental após a conclusão do curso de treinamento.

Na comunidade de Mualadzi, uma escola primária de 300 alunos foi construída pela empresa ICVL. A escola primária é operada pelo governo e não é dependente da assistência da companhia. Recentemente, a empresa apoiou a escola através da instalação de uma biblioteca escolar. Segundo o técnico da ICVL, a escola primária está localizada no centro da vila de

Mualadzi, e quando pesquisados, o tempo médio de caminhada até a escola foi de 20 minutos. De acordo com um dos membros das comunidade local de Mualadzi reassentada pela ICVL ressentem-se da falta duma escola secundária. Torna-se urgente um programa de desenvolvimento educacional para cursos profissionalizantes desta comunidade.

Saúde

A vila de Moatize é uma pequena cidade que é atravessada por um corredor de transporte entre Moçambique, Malawi e Zimbábue. A presença deste corredor e das empresas de mineração na região são os veículos de propagação de muitas doenças sexualmente transmissíveis e HIV-AIDS.

De acordo com um membro da sociedade civil, em vez de construir hospitais e clínicas, é importante estabelecer um plano para evitar HIV-AIDS através de parcerias fortes com a comunidade local, órgãos governamentais relevantes, organizações de saúde e ONGs. Outro informante-chave referiu-se a questões ambientais como ruído, poeira, qualidade do ar e qualidade da água que vem influenciando na saúde da populações.

A empresa Vale tem um forte programa em questões de saúde da comunidade. Uma contribuição importante é a construção de infraestruturas como hospitais e clínicas. A Vale construiu um hospital no Bairro 25 de Setembro com uma maternidade e uma clínica de noite que atende pacientes sobre HIV-SIDA. Uma ambulância foi fornecida ao posto de saúde de Cateme.

A ICVL vem dando assistência a comunidade de Mualadzi, onde construiu um centro de saúde. O centro de saúde é operado das 7:30-3:30pm de segunda a sexta-feira e das 8h às 12h aos sábados. A maternidade está aberta 24 horas por dia, sete dias por semana. A clínica tem seis funcionários: 2 enfermeiros, 2 agentes de serviço e 2 seguranças. Os funcionários são contratados e pagos pelo Governo de Moçambique e não relataram dificuldades em receber os seus salários a tempo. Foi constatado que o centro de saúde não enfrenta dificuldades quanto ao fornecimento de medicamentos. O técnico da ICVL entrevistado, estima que eles recebam entre 20-30 pacientes por dia, com a malária a doença mais comum, seguido por doenças respiratórias.

Conforme observado por um diretor do departamento das relações comunitárias da empresa Vale que opera desde 2006, a empresa "trouxe muito melhoria de saúde, particularmente em centros de saúde e ambulâncias, mas não é suficiente". De acordo com a maioria dos entrevistados da comunidade, é importante a coordenação entre os investimentos feitos pelas empresas mineiras e a sustentabilidade dos mesmos. É necessário estabelecimento de parcerias entre as empresas, governo local e comunidade local.

Infraestruturas e desenvolvimento urbano

De acordo com um dos entrevistados, o programa de desenvolvimento do distrito deve fazer uma avaliação de necessidades juntamente com funcionários do governo, pois o que se nota o programa de desenvolvimento social da Vale não deve apenas se concentrar em comunidades reassentadas, mas ter um foco mais amplo, ao nível de todo distrito de Moatize. De acordo com a Vale, esta em fase de desenvolvimento os seguintes projectos que deverão atender a algumas necessidades do Distrito de Moatize: Projecto de apoio às pequenas e médias empresas locais; Fundo de Apoio ao Projecto Diversificação Económica; Projecto de Educação e Projecto Saúde.

Um informante-chave da sociedade civil aponta que os problemas que a vila de Moatize enfrenta são amplamente similares aos enfrentados em todo o distrito. No entanto, afirma que a vila necessita de uma atenção especial da empresa em relação ao saneamento básico, ao elevado crescimento populacional, ao mau planeamento do uso da terra, à implantação de uma escola primária no bairro onde as populações foram reassentadas e à adopção de boas práticas de preservação do meio ambiente.

De acordo com outro informante-chave da comunidade local a vila sofre da falta de boas estradas, o problema de cortes constantes de energia elétrica, água e saneamento deficitário, facto que tem causado vários constrangimentos dentro da comunidade local e empresários locais.

"No período em que a mineradora não explorava nosso recurso, nossa qualidade de vida era outra, mas vivíamos melhor do que hoje. Hoje, temos as empresas de mineração a explorarem os nossos recursos e temos estradas esburacadas, não temos um abastecimento regular de água e energia, o desenvolvimento que eles nos prometeram é isso?" (Entrevista com informante-chave, Moatize, Setembro 2016).

Emprego e desenvolvimento local

Todos os membros da comunidade entrevistados foram capazes de identificar os principais impactos económicos, como crescimento económico, royalties e emprego local. Referindo-se à presença das empresas no aspecto económico da região. Um dos entrevistados destacou sua importância para a economia da região tendo referido que *"a empresa deve ter um plano de empregabilidade da comunidade local, porque o que vemos é que o emprego na empresa não segue regras transparentes de colocação de vagas para a pessoa que desejam ingressar na empresa. Muitas vezes os empregos são dados a pessoas que vêm de outros países, como Brasil e África do Sul e outras partes do país"*.

De acordo com o responsável do desenvolvimento social duma das empresas muito sido feito em relação ao emprego salientou que a empresa tem uma colaboração com centros de formação que dão cursos de carpintaria, contabilidade, construção civil e outros, mas a empresa não tem capacidade para empregar todos estes estagiários. Por exemplo, destacou a presença de um escritório de agenciamento de empregos e os escritórios de divisão de desenvolvimento social e comunitário na vila de Moatize.

De acordo com outros entrevistados, o processo de emprego deve ser mais transparente, na medida em que para ser contratado tanto a empresa como subcontratados deve-se recorrer a pagamentos extras para os responsáveis pela contratação. Em suma, a corrupção e a burocracia mancharam a imagem tanto da empresa como das entidades governamentais.

De acordo com um membro da sociedade civil, ao nível local é difícil ter informações sobre como os fundos são geridos, quais taxas pagas pelas empresas para o governo e como este fundo é atribuído ao distrito ou município.

Alguns entrevistados apontaram que as empresas desenvolveram em comunidades reassentadas alguns projectos de criação de frangos tendo sido uma fonte de renda para os beneficiários, mas nota-se que é importante criar mecanismos que se tornem auto-sustentáveis e assim reduzir a relação de dependência com a empresa.

Discussão dos resultados

Os resultados observados na vila de Moatize são facilmente deduzidos de que existem várias expectativas que ainda não foram alcançadas relativamente a responsabilidade social das empresas. Note-se que é necessário que todo o processo seja feito com transparência e envolvimento de todos. Existem várias pendências no que diz respeito ao processo de reassentamento, em particular como falta de pagamento de compensações, qualidade da infraestrutura construída pela empresa, poluição entre outros.

Há falta de consulta entre o governo, as comunidades locais e as empresas de mineração. É importante adotar mecanismos de processo "*de baixo para cima*" para alcançar o que realmente é importante e viável para as pessoas agora e o que é importante alcançar para as próximas gerações.

O reassentamentos realizados não melhoraram a vidas das comunidades locais, facto que hoje pode ser visto com o retorno de famílias a regiões próximas a mina de Benga. As empresas devem se voltar para projectos sustentáveis de modo que a vida realmente mude. O que se vivem hoje é um agravar de condições sociais e económicas que podem a médio e longo prazo criar conflitos que levem a que as empresas percam a confiança junto das comunidades aliando a isso a pode-se correr risco de se perder a *licença social para operar*.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O diálogo aberto e o bom relacionamento entre as empresas mineradoras e a comunidade são factores importantes na manutenção da *licença social para operar*, desde o início do projecto e durante toda a operação da mina. A comunidade local deve ser mantida informada e envolvida no processo de tomada de decisão.

O pessoal do departamento de atendimento as comunidades das empresas precisam ser pacientes e bons ouvintes, não apenas falantes. Isso exige uma compreensão das normas culturais locais, e a capacidade de interpretar o que as pessoas querem dizer, ao contrário do que estão dizendo.

A transparência e a responsabilização da gestão financeira dos programas de investimento comunitário devem ser mantidas bem registadas e documentados. Os representantes da RSE devem ser capazes de identificar lacunas e tentar novos métodos de modo a envolver maior número de pessoas.

Nesta fase inicial do processo de RSE deve ser prioritário uma boa relação entre as comunidades locais, governo e empresas de mineração. O governo moçambicano deve formar inspectores para monitorizar e informar sobre as indústrias extractivas.

As empresas de mineração e o governo local devem trabalhar com a sociedade civil para ajudá-los a se envolver mais efectivamente com as indústrias de mineração e o governo em questões de RSE.

No que diz respeito à resolução de queixas, os responsáveis da RSE devem analisar cuidadosamente o processo de assentamentos realocizados, pois é claro que as pessoas devem continuar com suas actividades agrícolas e seu modo de vida. A empresa mineira tem que desenhar um plano para evitar esses problemas remanescentes.

Este artigo avalia criticamente como as empresas mineiras em Tete usou seus programas de RSE para minimizar os impactos sociais negativos nessa área específica e desta forma manterem a sua *licença social para operar*. Em síntese, conclui-se que as empresas de mineração em Tete enfrentam muitos desafios na execução de programas de RSE, mas apesar disso o sector ainda tem um grande potencial para contribuir positivamente para a redução da pobreza e o desenvolvimento socioeconômico local.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro concedido pelo Instituto Superior Politécnico de Tete bem como a disponibilidade dos membros das comunidades de Moatize, Cateme e Mualadzi, sociedade civil, gestores das empresas, governo local, sindicatos e outros em participar da presente pesquisa.

REFERÊNCIAS

- [1]-Andrews, N. (2013). Corporate Social Responsibility (CSR) in Ghana S Mining Industry: Insights from the Cases of Newmont and Kinross.
- [2]-Besharati, N. (2012). Raising Mozambique: development through coal. Johannesburg: SAIIA (South African Institute of International Affairs) (Policy Brief 56).
- [3]-Gabinete do Conselho de Ministros - GdM. (2014). Política de Responsabilidade social empresarial para a indústria extractiva em Moçambique. Disponível no endereço www.mireme.co.mz acessado em 20/10/2016.
- [4]-Campbell, B. (2012). Corporate Social Responsibility and development in Africa: Redefining the roles and responsibilities of public and private actors in the mining sector. *Resources Policy*, 37(2), 138-143.
- [5]-Carroll, A. B. (1999). Corporate social responsibility evolution of a definitional construct. *Business & Society*, 38(3), 268-295.
- [6]-Carroll, A. B., & Shabana, K. M. (2010). The business case for corporate social responsibility: a review of concepts, research and practice. *International Journal of Management Reviews*, 12(1), 85-105.
- [7]-Chikkatur, A. P., Sagar, A. D., & Sankar, T. L. (2009). Sustainable development of the Indian coal sector. *Energy*, 34(8), 942-953.
- [8]-Dahlsrud, A. (2008). How corporate social responsibility is defined: an analysis of 37 definitions. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 15(1), 1-13.
- [9]-Del Castillo Kasten, C. F. (2012). Mining investments and CSR: a path to sustainable development? University Utrecht.

- [10]-Esau, G., & Malone, M. (2013). CSR in natural resources: rhetoric and reality. *Journal of Global Responsibility*, 4(2), 168-187.
- [11]-Harvey, B. (2014). Social development will not deliver social licence to operate for the extractive sector. *The Extractive Industries and Society*, 1(1), 7-11.
- [12]-Hitch, M., Ravichandran, A. K., & Mishra, V. (2014). A real options approach to implementing corporate social responsibility policies at different stages of the mining process. *Corporate Governance*, 14(1), 45-57.
- [13]-Kirshner and Power (2015). Mining and extractive urbanism: Postdevelopment in a Mozambican boomtown. *Elsevier: Forum* (61), 67-78.
- [14]-Jenkins, H., & Yakovleva, N. (2006). Corporate social responsibility in the mining industry: Exploring trends in social and environmental disclosure. *Journal of Cleaner Production*, 14(3-4), 271-284.
- [15]-Laurence, D. (2011). Establishing a sustainable mining operation: an overview. *Journal of Cleaner Production*, 19(2-3), 278-284.
- [16]-Mining Weekly (2015). Acessado online em www.miningweekly.com no dia 20/02/2017.
- [17]-Mosca, J., & Selemene, T. (2012). Mega-projectos no meio rural, desenvolvimento do território e pobreza: o caso de Tete. *Desafios Para Moçambique*. Retrieved from https://www.iese.ac.mz/~ieseacmz/lib/publication/livros/des2012/IESE_Des2012_12.MegRur.pdf
- [18]-Mondoloka, A. (2017). Approaches to supporting local and community development: the view from Zambia. *WIDER Working Paper 2017/41*. Helsinki: UNU-WIDER.
- [19]-Nelsen, J, Scoble, M. (2006). *Social Licence to Operate Mines: Issues of Situational Analysis and Process*: Department of Mining Engineering. University of British Columbia, Vancouver.
- [20]-Owen, J. R., & Kemp, D. (2014). Mining and community relations: Mapping the internal dimensions of practice. *The Extractive Industries and Society*.
- [21]-Prno, J., Slocombe, D. S. (2012). Exploring the origins of ‘social license to operate’ in the mining sector: Perspectives from governance and sustainability theories. *Journal homepage: www.elsevier.com/locate/resourpo*. *Resources Policy* 37 346-357.
- [22]-Rae, M., & Rouse, A. (2001). Mining certification evaluation project: independent certification of environmental and social performance in the mining sector. *Resources Conservation Program, Mineral Resources Unit (WWF Australia)*.
- [23]-Roseland, M. (2000). Sustainable community development: integrating environmental, economic, and social objectives. *Progress in Planning*, 54(2), 73-132.

[24]-Rosenfeld, D. (2012). The coal mining sector in Mozambique: A simple model for predicting government revenue. Maputo: Instituto de estudos sociais e económicos. Retrieved from http://www.iese.ac.mz/lib/publication/III_Conf2012/IESE_IIIConf_Paper19.pdf

[25]-Tiainen, H., Sairinen, R., & Novikov, V. (2014). Mining in the Chatkal Valley in Kyrgyzstan—Challenge of social sustainability. *Resources Policy*, 39, 80-87.

[26]-Visser, W. (2006). Revisiting Carroll's CSR pyramid. *Corporate Citizenship in Developing Countries*, 29-56.

[27]-Walker, J., & Howard, S. (2002). Finding the way forward: How Could Voluntary Action Move Mining toward Sustainable Development (Vol. 1). London: IIED.

[28]-Yakovleva, N. (2005). *Corporate Social Responsibility in the Mining Industries*. USA: Ashgate Publishing.

[29]-Yin, R. K. (1994). *Case study research: Design and methods* (Vol. 5). Sage Publications.

ARTIGO REF: 6492

MELHORAMENTO DE CORES DE ALGUMAS PEDRAS DE GEMAS (PG) DE MOÇAMBIQUE POR MEIO DO SEU TRATAMENTO FÍSICO-QUÍMICO

Akil Askarhodjaev^(*), Tatiana Kuleshova, Hélder Zacarias Marrenjo

Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, Moçambique

^(*)*Email:* akilas@mail.ru

RESUMO

Este artigo apresenta concepções sobre o melhoramento da cor de algumas pedras de gemas de Moçambique por meio de tratamento térmico. Pedras de Gemas (PG) são minerais caracterizados pela sua raridade na natureza, alta dureza relativa, transparência e beleza (como diamante, rubi e safira, variedades de berilo, turmalina etc.).

Na natureza raramente se encontram gemas que pela sua cor e tonalidade servem para o aproveitamento directo na joalheria. As espécies de cor fraca ou de tonalidade escura são muito mais abundantes que está a estimular elaboração das tecnologias de melhoramento das cores das PG, isto é, do enobrecimento desses recursos minerais mais valiosos.

Nesta pesquisa sobre Pedras de Gemas investiga-se a Metodologia de transformação das Pedras de Gemas locais (Berilo, Ametista e Topázio) por meio de tratamento térmico.

A cor é a mais importante característica das PG na sua avaliação. Segundo Catálogos Internacionais na avaliação de custo de gemas, a contribuição da cor da pedra na formação do seu preço constitui, geralmente, cerca de 60%.

Em Moçambique existem grandes reservas de PG de cor fraca, coloração e desenho. O objectivo geral deste trabalho consiste em melhorar as cores de PG locais por meio do seu tratamento térmico, tendo como objectivos específicos transformar berilo verde em aguamarinha, ametista em citrina e topázio incolor em topázio rosado.

Tratamento térmico (por adiante TT) é um recurso frequentemente usado na indústria de PG para modificar a cor e melhorar coloração de uma determinada gema.

Em norma, os resultados obtidos no TT das PG constituem segredos tecnológicos e comerciais dos laboratórios, por isso, as particularidades das experiências como regra não se publicam.

A experiência em questão consistiu essencialmente em aquecer cristais de berilo, ametista e topázio até que fosse observada a mudança de cor.

As PG foram submetidos a uma dada combinação de temperatura e período de aquecimento. Várias tentativas foram realizadas de modo a encontrar o tempo e a temperatura ideal para obter melhores resultados.

Foi elaborado o esquema tecnológico do TT de PG, que permite transformar as variedades de baixa qualidade gemológica em variedades de valor económico médio.

Observou-se que as combinações de temperatura e tempo de aquecimento em cristais de PG, empregues neste trabalho, resultaram em cristais cuja cor e tonalidade variou.

A metodologia elaborada pode ser aplicada a nível industrial e tecnológico.

ARTIGO REF: 6740

RECURSOS MINERAIS NOS PILARES DA ENGENHARIA: O PAPEL NACIONAL, INTERNACIONAL E EUROPEU DO LNEG

Daniel P.S. de Oliveira^{1(*)}, Teresa Ponce de Leão², Mário Rui Machado Leite²

¹Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), Estrada da Portela, Bairro do Zambujal, Apartado 7586- Alfragide, 2610-999 Amadora, Portugal

²Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), Rua da Amieira, Apartado 1089, 4466-901 S. Mamede de Infesta, Portugal

(*)*Email*: daniel.oliveira@lneg.pt

RESUMO

Se não se pode cultivar, é preciso explorar. Nem sempre percebemos que vivemos num mundo mineral e que somos todos mineralo-dependentes. Na verdade, a maioria dos materiais e produtos com que somos confrontados diariamente foram feitos com base, ou com a ajuda de matérias-primas minerais. As matérias-primas minerais fornecem-nos a energia, os edifícios nos quais vivemos e trabalhamos, os veículos que usamos para o transporte e um número essencial de outros dispositivos electrónicos da vida quotidiana. Por exemplo, os minerais também formam as matérias-primas básicas para plásticos e produtos farmacêuticos, para cosméticos e alimentos, bem como papel, tinta, vidros e mobiliário. Tudo somado, pode-se afirmar que estamos rodeados de recursos minerais.

Cada europeu, durante os seus 70 anos de vida, usa em média 460 toneladas de areia e cascalho, 166 toneladas de petróleo, 39 toneladas de aço, 1 tonelada de cobre e vários outros minerais e metais mais ou menos raros. Uma procura acentuada de matérias-primas minerais exige um esforço cada vez maior para localizar novos recursos em áreas e ambientes cada vez mais difíceis e remotos.

A União Europeia enfrenta uma série de grandes desafios de crescimento económico e social, incluindo o acesso a matérias-primas críticas provenientes de fontes primárias e secundárias, bem como a criação de empregos, competências e competências tecnológicas relevantes. Ao mesmo tempo, a necessidade de obter recursos minerais continua a aumentar devido à crescente população global e a uma procura crescente por parte dos países em desenvolvimento e economias emergentes (países BRICS: Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul). Enfrentar esses desafios exige que os esforços, tecnologias, processos e produtos de exploração adequados sejam implementados, juntamente com políticas adequadas para implementar e estimular as mudanças necessárias.

O Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG) é uma instituição de I&D orientada para responder às necessidades da sociedade e das empresas. Apostando numa investigação sustentável e para a sustentabilidade através da geração do conhecimento do território. A par do que melhor se faz internacionalmente, garante ter nas suas áreas de competência uma resposta adequada às necessidades do setor empresarial e faz Ciência em Energia e Geologia com vista à sua aplicação em soluções avançadas que permitam alavancar a Economia.

Baseado no seu regulamento interno (Deliberação n.º 1495/2013, de 24 de julho), tem na sua estrutura uma Unidade (Unidade Recursos Minerais e Geofísica) que visa promover a revelação, a inventariação e a valorização dos recursos minerais que ocorrem em território nacional, através da aplicação adequada dos métodos de investigação em prospeção

geológica, geoquímica e geofísica. A esta Unidade compete: a) Realizar investigação aplicada com o objetivo de revelar, caracterizar e inventariar ocorrências de recursos minerais; b) Realizar e promover a investigação de novas técnicas de prospeção geológica e mineira; c) Desenvolver investigação de métodos geofísicos aplicados à revelação de recursos geológicos e aos riscos geológicos e ambientais; d) Compilar, gerir e valorizar a informação geológico-mineira gerada por operadores públicos e privados, organizando bases de dados em sistemas de informação geográfica; e) Cooperar com as empresas de prospeção e pesquisa; f) Promover a sustentabilidade da indústria mineira nacional, incluindo o património geológico-mineiro e, g) Apoiar o Estado e as políticas públicas.

Para estes fins, o LNEG conta com infraestruturas no Porto, Amadora e Aljustrel, onde se acaba de construir uma estrutura de I&D dedicada aos recursos minerais da Faixa Piritosa Ibérica. Mais ainda, o LNEG, no âmbito do I&D nos recursos minerais tem uma extensa base de dados de recursos minerais metálicos para a sua investigação e apoio às empresas e estado. Este conhecimento, adquirido ao longo de décadas, tem permitido ao LNEG estar na linha da frente e em consórcios de projectos de investigação de recursos minerais financiados tantos por agências nacionais como europeias (ex. 7º Programa Quadro e H2020). Destacam-se projectos como o PROMINE, EuroGeoSource, Minerals4Eu, MinReMol, EXPLORA e ZOM3D.

O conhecimento adquirido tem sido um pilar para apoio às empresas de prospeção a operar em Portugal e também ao estado português no âmbito de políticas públicas onde o LNEG é convocado a participar como órgão de consultoria.

O reconhecimento por entidades Europeias das competências provadas do LNEG, leva que tenha sido estabelecida uma forte rede de cooperação com outros países Europeus (e também fora da Europa, nomeadamente na América do Sul e África austral; incluindo forte cooperação com Moçambique e Angola). Esta rede estabelece-se por associação ao EuroGeoSurveys (EGS), associação dos serviços geológicos europeus. Ainda por esta associação o LNEG é recentemente “prendado” com a eleição de um dos seus investigadores na área dos recursos minerais a *Chair do Mineral Resource Expert Group* (MREG) do EGS.

O Grupo de Especialistas em Recursos Minerais do EGS está activamente envolvido na contribuição para processos de formulação de políticas e estratégias que visam identificar, caracterizar e salvaguardar um potencial sustentável de recursos minerais, nomeadamente em matérias-primas críticas, através da investigação, desenvolvimento e inovação. A missão do MREG consiste em proporcionar o melhor *know-how* mineral e informação com base no conhecimento dos Serviços Geológicos associados, para fins de educação política, comunicação, sensibilização do público a nível europeu, centrando-se principalmente no reforço da posição da indústria de minerais europeia para a sustentabilidade dos recursos e crescimento competitivo.

Neste momento, o LNEG encontra-se na vanguarda da I&D dos recursos minerais nacionais, internacionais e Europeus no que diz respeito à suas competências e áreas de intervenção. Está posicionado de forma a dar um contributo válido e capaz na identificação e inventariação de recursos minerais metálicos e não-metálicos e avaliação dos mesmos.

ARTIGO REF: 6785

ESTUDO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DE SOLOS DE FUNDAÇÃO DE TORRES DE LINHA DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA

Eugénio de Azevedo^(*)

LEM- Laboratório de Engenharia de Moçambique- Maputo, Moçambique

^(*) *Email:* juniormz2003@gmail.com

RESUMO

O crescimento da demanda energética motivada pelo aumento da actividade industrial e do consumo doméstico em Moçambique tem exigido a construção de novas linhas de transmissão de energia para satisfazer a procura. As estruturas predominantes nessas obras são geralmente constituídas por postes de betão e torres metálicas, autoportantes ou atirantadas, cuja função é de suspender ou ancorar os cabos condutores ao longo da linha de transmissão. A garantia da estabilidade e segurança dessas infraestruturas exige, entre outros aspectos, a necessidade de concepção do projecto das fundações. O projecto de fundações requer a definição criteriosa de parâmetros e características dos solos, bem como o padrão geológico do traçado através da condução de ensaios *in-situ* e em laboratório.

No presente trabalho será apresentado o conjunto de procedimentos e a experiência do Laboratório de Engenharia de Moçambique (LEM) na área da geotecnia de fundações, incluindo a aplicação de métodos, tais como prospecção geofísica, ensaios *in-situ*, sondagens e colheita de amostras, inspecção visual, ensaios de laboratório conduzidos sobre amostras e observação do regime de águas subterrâneas. Será apresentado um caso de estudo sobre estudos realizados no projecto de instalação de uma linha de transmissão de energia pela Empresa Electricidade de Moçambique (EDM) nos solos da Formação de Kongolote no troço Kongolote-Muhalazi com uma extensão de 4,0 km. Geograficamente a zona de estudo localiza-se entre as latitudes (S) 7144078 m e 7146068 m e entre as longitudes (E) 453228 m e 455320 m. Faz limites com os seguintes bairros, a nordeste com o Bairro Mali, a este com o Bairro Cumbeza, a sul com os Bairros Kongolote e 1º de Maio e a oeste com o Bairro Matlemele. O acesso a zona é realizado pela Estrada Nacional Nº 1 ou pela Estrada Circular de Maputo [LEM-Nr 34.452, 2016].

A caracterização geológica-geotécnica dos solos ao longo do traçado da linha foi feita através da condução de ensaios *in-situ*, nomeadamente, sondagens mecânicas à percussão com realização de ensaios de SPT, ensaios de penetração dinâmica (DPL) e ensaios laboratoriais sobre as amostras colhidos nas sondagens e em poços de inspecção visual realizados junto aos pontos de DPL. Os estudos de campo foram distribuídos de acordo com os critérios de linearidade e pontos de vértice (pontos de ângulo). Nos pontos de ângulo as fundações estão susceptíveis a experimentar maiores solicitações, logo, foram executadas sondagens mecânicas à percussão com realização do ensaio SPT e em pontos de linha recta realizaram-se os ensaios de penetração dinâmica com cone penetrómetro ligeiro (DPL), complementados com abertura de poços com profundidades entre 1 e 1,4 m. A Figura 1 ilustra a condução de ensaios SPT *in-situ*. Sobre as amostras representativas colhidas, realizaram-se em laboratório os seguintes: i) análise granulométrica por peneiração; ii) determinação dos limites de consistência; iii) proctor normal; e iv) ensaios químicos, nomeadamente análise do PH, ocorrência de sulfatos, ferro, nitrogénio total e fósforo total. A partir das sondagens (SPT) foi

feita a descrição dos diferentes estratos atravessados pela sonda o que permitiu a apresentação dos logs de sondagens, incluindo os parâmetros de resistência e a classificação dos solos de acordo com o Sistema Unificado de Classificação dos Solos (USCS) (Figura 2). Do ensaio DPL foi possível obter os diagramas da resistência de ponta (q_d) (Figura 2).

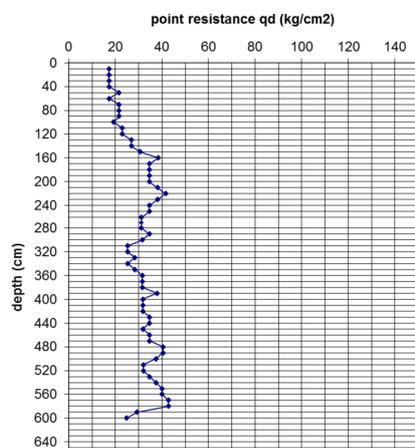


a) Sondagem à Percussão com SPT.



b) Amostrador SPT, com amostra de solo

Fig. 1 - Condução do ensaio SPT e amostra colhida no local.



a) Resultados do ensaio DPL

Escala (m)	ID	Log.	Descrição	USCS	SPT (No corrigido)	N'70 (corrigido)	cu (KN/m²)	φ (°)	γ(KN/m³)
0	1734-A*		Areia com silte, mal graduada, seca e densa	SP-SM	shelby	19	0	30-32	18
100	1735-A								
200	1736-A				10	10	0	28-30	17
300	1737-A				11	10			
600			Fim do furo						

b) Resultados do ensaio SPT

Fig. 2 - Resultados dos ensaios DPL e SPT.

Deste trabalho destaca-se a importância da realização de estudos geológico-geotécnicos para a correcta avaliação das condições de fundação das torres de transmissão de energia e a experiencia do Laboratório de Engenharia de Moçambique na condução destes estudos.

REFERÊNCIAS

[1]-LEM Relatório nr. 34.452, Soil investigation carried out on the following places position for 66/33kv, 40MVA kongolote substation and 66 kv transmission line, 2016.

ARTIGO REF: 6830

ESTUDO DA INTERAÇÃO SOLO-FITAS POLIMÉRICAS PARA USO EM TERRA ARMADA EM SOLOS PROBLEMÁTICOS EM ÁREAS AGRÍCOLAS E DE MINERAÇÃO ARTESANAL (GARIMPO)

Albano Sâzlon Maparagem^(*)

Universidade Zambeze, Depart. Eng^a Civil (FCT) - Beira, Moçambique

^(*)*Email: a_maparagem@yahoo.co.uk*

RESUMO

Moçambique tem-se deparado com vários problemas relacionados com os escorregamentos de solos, erosão, desabamento de solos nas áreas de mineração artesanal; tendo como consequências perdas humanas, perdas de áreas de cultivos e muitas vezes cortes e interrupções de vias, desabamentos de residências e pontes, entre outros. Maiores partes das áreas onde se pratica a agricultura e mineração artesanal de tipo Garimpo, os solos argilosos ou pelo menos com camadas superficiais argilosas. os solos finos (% passando peneira # 200 > 50%), geralmente de origem tropical, que poderiam ser classificados como solos de baixa capacidade de drenagem. Estes solos não atendem às recomendações técnicas para solos de aterro de estruturas reforçadas, conforme exigido pela AASHTO e BS 8006 (Bueno, 2005). Neste trabalho é avaliado experimentalmente um dos parâmetros mais importantes de projeto de Terra Armada, que condiciona o mecanismo de transferência de carga, o coeficiente de atrito aparente solo-fita polimérica (f^*). É avaliada a influência das características dos solos para as classes de solos estabelecidas pela NBR 9286/86, sob diversas tensões verticais atuantes nas fitas, que simulam o efeito da profundidade. As informações são obtidas através de ensaios de arranque de fitas polimérica realizados em laboratório e depois comparadas aos resultados teóricos da norma.

1. INTRODUÇÃO

O uso de inclusões nas obras geotécnicas com a intenção de reforçar a resistência à tração, alterando as características internas dos solos nos quais são inseridos, são muito usadas para a contenção ou estabilização de taludes e aterro e são chamadas de estruturas em solos reforçados. As obras que usam a técnica de terra armada (solo armado) apresentam grandes vantagens no ponto de vista econômico, construtivo e ambiental, principalmente quando se faz o uso dos solos locais como material de aterro. O emprego da técnica de reforço de solos em terra armada encontra-se em expansão em todo o mundo. A introdução de reforços traz ao maciço a ser estabilizado um comportamento mecanicamente mais favorável, pois, quando as inclusões resistentes a tração são convenientemente inseridas promovem uma redistribuição de esforços nas zonas mais susceptíveis a movimentação, tornando o sistema resistente e estável; assim, as estruturas de solo reforçado são mais resistentes e menos deformáveis.

O processo de solo reforçado conhecido popularmente como solo armado foi oficialmente desenvolvido pela primeira vez e patenteado, em 1963, pelo engenheiro e arquiteto francês Henry Vidal.

A técnica de reforço de solo consiste em melhorar o solo conferindo-lhe a capacidade de resistência à tração; executando o maciço de solo com introdução de inclusões que podem ser

inextensíveis denominadas fitas metálicas ou extensíveis denominadas fitas polimérica. As fitas podem ser nervuradas ou não nervuradas, sendo as últimas melhores por oferecerem maior atrito, são conectadas a painéis pré-moldados de betão, cruciformes, que constituem a face do maciço.

2. JUSTIFICATIVA

Dado que o funcionamento do maciço em terra armada baseia-se, principalmente, na existência de atrito entre a terra e as inclusões (fitas metálicas ou polimérica), que tecnicamente se justifica a partir da resistência do solo ao cisalhamento, e, considerando as mais diversificadas condições prováveis, de humidade a que a obra possa vir a estar submetida. As especificações de projeto de estruturas de solo reforçado em obras de países da América do Norte, Europa e Japão, em geral, somente fazem referência aos solos granulares, devido a capacidades que esses têm de drenagem e resistência ao cisalhamento. Os solos finos, os siltes e argilas são excluídos pela sua baixa capacidade de drenagem e, conseqüentemente, pela dificuldade de dissipação do excesso de pressão neutra gerado no interior dos maciços compactados, ocasionando, principalmente, redução da resistência ao cisalhamento do solo, contrariando a justificação técnica do processo de terra armada.

assim, as obras executadas seguindo as recomendações internacionais, instruídas por normas britânicas e norte americanas: BS 8006 (1995) e AASHTO (2002) respectivamente; prejudicam o conceito econômico de estruturas de solo armado, pois, recomendam o uso de solos granulares que, muitas vezes devem ser transportados longe do local da obra, este prejuízo, se agrava para o caso de zonas, cuja grande parte do seu território é coberta por solos finos.

Segundo Maparagem 2013, as obras executadas por técnicas de terra Armada reduzem o custo em 30% em relação às de muro de flexão.

Estudos realizados pelo National Highway Institute Office of Bridge Technology (NHI); recomenda que todas as estruturas de terra mecanicamente estabilizadas, requerem um solo de alta qualidade em termos de durabilidade, drenagem, fácil execução e um solo com boa interação com o reforço; o que seria fácil com o uso de material granular e bem graduado, pois o sistema depende da alta fricção do elemento de reforço e do solo de aterro (FHWA-NHI-00-043).

Abramento et. al. (1998) reitera esta tendência para casos brasileiros, sugerindo que o solo de aterro geralmente constitui-se em solo arenoso, com menos de 15% em peso do material passando na peneira # 200.

Moçambique tem uma diversidade climática, o país exhibe uma grande variedade de solos. Solos compostos por horizonte superficial, a camada residual madura, geralmente de natureza laterítica (argila, areia argilosa) ou, por vezes constituídas por siltes micáceos, e areia ou uma camada de solo coluvionar acima do solo residual maduro; ocasionalmente um manto intermediário de argilas duras, mostrando uma estrutura reliquiar ou, por vezes, expansivo e constituído por uma camada de solo saprolítico composto de cascalho, areia, solos arenosos e argilosos mostrando estrutura reliquiar da rocha-matriz.

Um dos parâmetros mais importantes de projeto, que condiciona o mecanismo de transferência de carga, o contato solo-reforço, pode ser quantificado através de ensaios de arranque. A fim de avaliar o comportamento destes solos finos, estudos têm sido desenvolvidos no Laboratório de geossintéticos da EESC-USP. A figura 1 mostra Distribuição granulométrica dos solos estudados por Kakuda e Miranda.

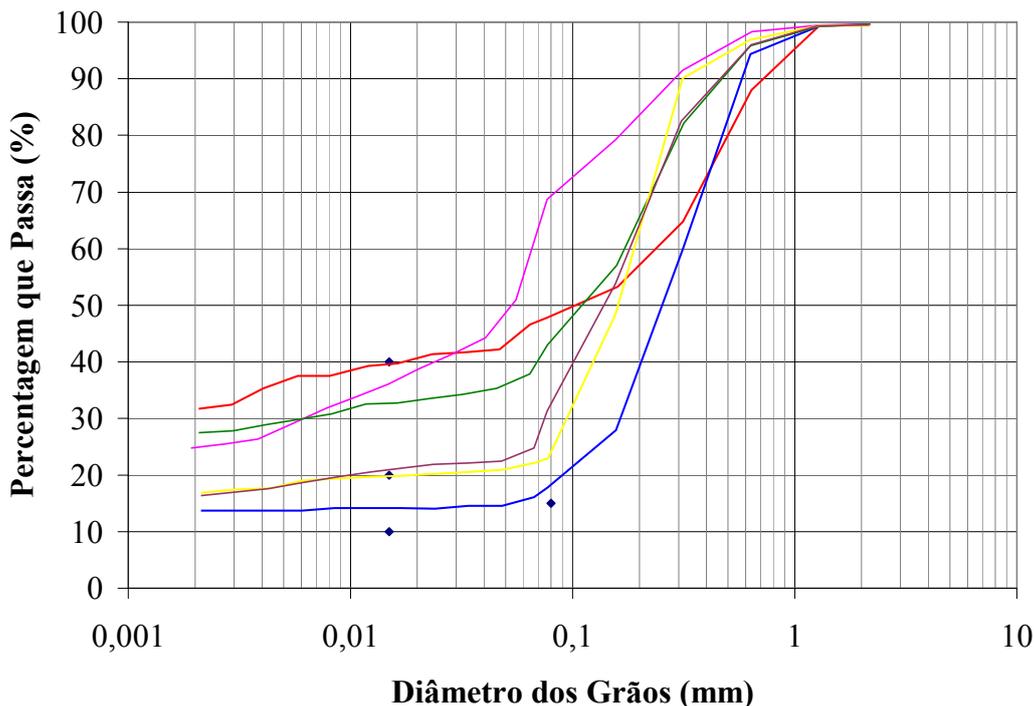


Fig. 1 - Distribuição granulométrica dos solos estudados por Kakuda (2005) apud Miranda (2009)

Miranda (2008) realizou ensaio de arranque de fitas metálicas com solo local da cidade de São Carlos-SP. O resultado experimental apresenta o coeficiente de atrito, f^* , divergente ao sugerido na norma, como se observa na figura 2. Este trabalho de Miranda, visava apenas uma comparação entre os vários tipos de elementos longitudinais de reforço, com ênfase em elementos para solo pregado.

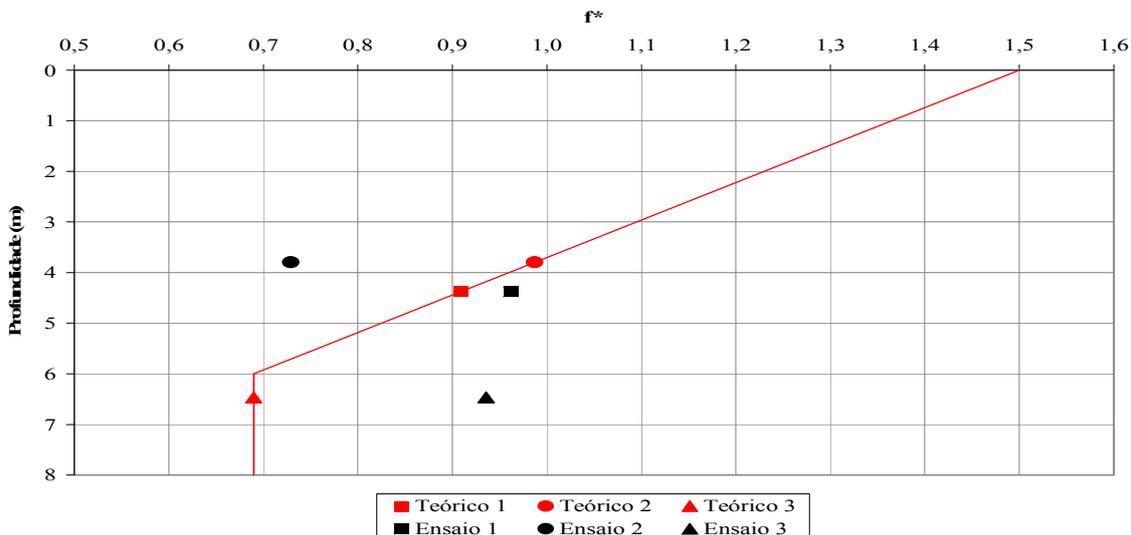


Fig. 2 - Comparação de resultados dos ensaios com valores sugeridos por norma Miranda (2009).

Analisando a Figura 2, observa-se que os ensaios 1 e 3 apresentaram coeficientes de atrito acima do previsto, porém quando adotado o fator de segurança de 1,5; sugerido na norma NBR9286/86, estes valores ficam aquém do esperado. Em relação ao ensaio 2, este valor apresenta-se excessivamente abaixo do previsto, (Miranda, 2009).

Torna-se assim, imperioso que se proceda a uma avaliação ampla e profunda do comportamento de fitas usadas e Terra Armada, que é uma forma intrínseca de se projetar em zonas com solos problemáticos como os que ocorrem em algumas partes do território moçambicano.

Este trabalho irá contribuir de forma definitiva para projetos econômicos e seguros.

O uso de solos Problemáticos requer um estudo mais detalhado do seu comportamento como material de aterro. Aliado a este fato, há grandes perspectivas de redução de custos da técnica quando comparada a outras soluções.

Por estas razões, esta pesquisa pode ser entendida como uma excelente oportunidade para se catalogar a experiência e aumentar o nível de conhecimento sobre a técnica de terra armada, permitido divulgá-la de forma mais vigorosa no âmbito da engenharia geotécnica Moçambicana que ainda está numa fase insipiente. Os resultados deste trabalho encontrarão aplicação prática imediata por estar ligado a redução de custos na solução dos problemas que poderiam ter uma resolução onerosa.

3. OBJETIVOS

Esta pesquisa tem como objetivo fazer um estudo experimental, a realizar em laboratório através de ensaios de arranque de fitas poliméricas, para avaliar os solos das zonas de intensas actividades agrícolas e mineração artesanal de modo a sensibilizar aos utentes destes solos no âmbito das suas actividades, de modo a se precaverem do comportamento desses solos durante as suas actividades; da necessidade de estabilizarem os taludes e reforçando os solos (para uma prática segura da mineração artesanal e da agropecuária, em áreas previstas para abertura de pequenas represas para a rega dos campos e criação de peixe) e por outro lado, fazerem o uso da técnica de terra armada com a aplicação de inclusões extensíveis, dentro dos limites de profundidades que os resultados de ensaios sugerirem.

É objetivo principal deste estudo avaliar a influência dos fatores executivos, particularmente o coeficiente de atrito aparente solo-fita polimérica (f^*), em função das características dos solos para as classes estabelecidas para o uso de fitas poliméricas, sob diferentes tensões verticais atuantes nas fitas, que vão simular o efeito da profundidade, e particularmente, a avaliação estará mais virada ao coeficiente de atrito aparente solo-fita polimérica, em solos considerados problemáticos.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Introdução

O uso de estruturas em solo reforçado é uma tecnologia de grande importância para projetos de contenção.

Materiais diversos têm sido utilizados para reforço de solo desde a antiguidade. Segundo Seraphin e Mello, 2003, citados por Maparagem, 2011, nos primórdios, os Incas utilizavam lã de *Lhama* misturada com solo para a construção de estradas. Troncos de árvores, arbustos, pele de animais, entre outros materiais, foram utilizados para melhorar as características dos solos naturais.

As soluções mais eficientes são produzidas quando os projetos têm em conta a disponibilidade de materiais com características de resistência normalizadas.

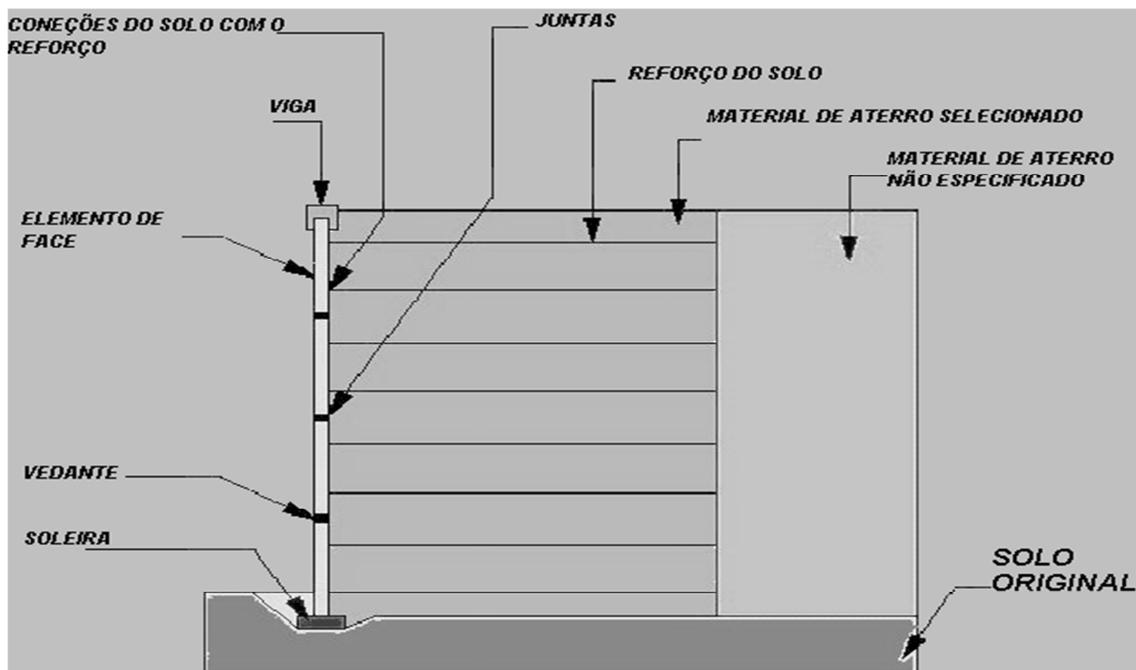


Fig. 3 - Sistema de reforço de solos.

Os sistemas de reforço de solos são essencialmente compostos por três elementos que são: O reforço, o material de preenchimento e os blocos, como mostrado na Figura 3.

Os elementos de reforço são geralmente classificados como inextensíveis (metálicos) ou extensíveis (polímeros). Esta classificação é baseada na deformação necessária para mobilizar toda a força do reforço em relação à deformação necessária para mobilizar toda a força do solo. Os reforços inextensíveis geralmente incluem fitas de aço e grades. Dentre as estruturas construídas com o uso de reforços inextensíveis pode-se citar, por exemplo, estruturas em terra armada, solo grampeado ou pregado e outras. A figura 4, mostra foto de uma estrutura de solo reforçado pela técnica de terra armada.



Fig. 4 - Sistema de contenção, terra armada, Maparagem 2011

Enquanto os reforços extensíveis incluem polímeros como geogrelhas e geotêxteis, O material de preenchimento é constituído por solos selecionados para o efeito. Para manter o sistema estável, com uma boa forma são construídos blocos em elementos pré-fabricados, que geralmente, consistem em painéis de Betão pré-moldado ou unidades de alvenaria modular pré-moldado ou ainda metálicos. Os painéis têm formatos quadrados, retangulares, cruciformes ou outras formas de polígonos, que se estendem por toda a altura da parede. Os blocos são fabricados com uma ampla variedade de textura, cores e estética.

Segundo Joseph E. - FHWA, 2001, para o material de preenchimento, materiais granulares são geralmente mais desejáveis, pelas seguintes razões: boa durabilidade, alta permeabilidade, permite melhor drenagem e menos poro-pressões, maior atrito boa interação solo-reforço e, resistência ao arranque relativamente elevada. Por conseguinte, os benefícios econômicos dessas construções são em grande parte limitadas pela indisponibilidade e os custos desse material granular para preenchimento ou aterro.

Quanto ao uso de solos não problemáticos, Zornberg e Mitchell, 1994. Expressam preocupações em relação a sua baixa permeabilidade que pode permitir o acúmulo de água nos poros, gerando assim, poro-pressões; os ângulos de atrito inferiores relativamente aos materiais granulares; presença de partículas de argila (menos de $2\mu\text{m}$) que aumenta a taxa de corrosão dos reforços metálicos e deslocamentos pós construção relativamente maiores, entre outras.

Quando uma massa de solo é carregada verticalmente, ocorrem deformações verticais de compressão e deformações laterais de extensão (tração). Contudo, se a massa de solo estiver reforçada, os movimentos laterais são limitados pela reduzida deformabilidade do reforço. Esta restrição de deformações é obtida graças ao desenvolvimento de esforços de tração no elemento de reforço. Neste caso, o solo tende a mover-se em relação ao reforço gerando tensões cisalhantes na interface Wheeler, 1996, citado por Sieira, 2003 A Figura 5, ilustra o princípio básico do comportamento do solo reforçado.

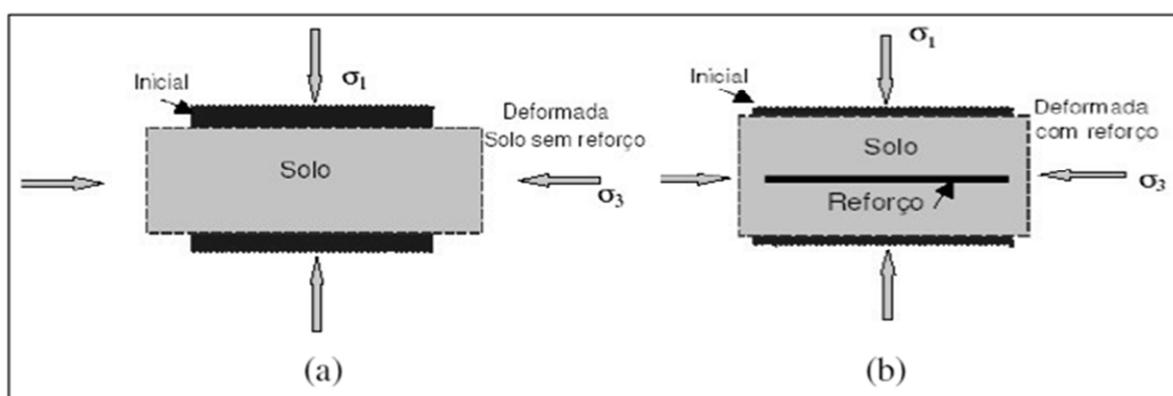


Fig. 5 - Comportamento típico do solo: (a) sem reforço; e (b) com reforço (Sieira, 2003).

A seleção das técnicas de reforço é feita, dependente de um conjunto de fatores, que analisados, ditarão as vantagens e desvantagens para cada situação e para cada caso de obra.

Em projetos é difícil conhecer com exatidão as tensões normais nas interfaces solo-reforço; isso porque, por exemplo, para solos arenosos, o efeito da dilatância dificulta tal exatidão. Neste caso a caracterização da resistência das interfaces é geralmente feita pelos diferentes coeficientes de atrito aparente, dadas pela razão entre as tensões médias de pico ou residual e a tensão normal de referência, considerado como a média das tensões das tensões normais que, devido ao peso próprio do solo somado a eventuais sobrecargas que atuariam num

contorno idêntico à superfície lateral do reforço se esse reforço não existisse. Pode-se ver, então que o conceito do coeficiente de atrito aparente, solo-inclusão f^* , é de grande importância no dimensionamento de estruturas em sistemas de reforço de solo.

O dimensionamento é geralmente feito considerando uma tensão normal de referência que, em princípio deve coincidir com a tensão devida ao peso próprio do solo e eventuais sobrecargas localizadas sobre a armadura porque geralmente é difícil, numa obra real ter-se o conhecimento da tensão normal instalada.

Segundo Felix (1991), dos ensaios mais comuns utilizados nesse tipo de estudo, ocupam lugar de destaque, ensaios de cisalhamento direto e ensaios de arranque, aos quais se devem grande parte dos conhecimentos actuais sobre a interação solo-reforço. No entanto, quando se trata dos ensaios de cisalhamento direto e de arranque, as resistências das interfaces são influenciadas por:

- Percentagem das partículas de granulometria fina;
- Compacidade relativa (em solos granulares);
- Teor de humidade para os solos com grande percentagem de partículas finas;
- O estado de superfície do material estrutural (liso ou rugoso) e
- Nível de tensão normal.

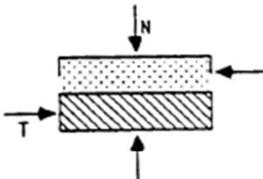
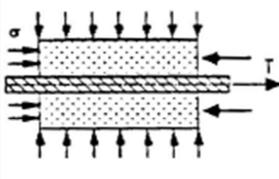
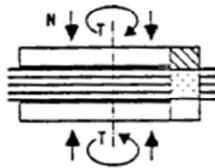
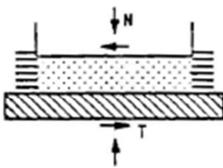
Mesmo assim os ensaios de cisalhamento direto não representam corretamente o que acontece numa obra de reforço, quando se usa armaduras lineares; fato que ocorre porque os ensaios têm um carácter bidimensional enquanto os fenômenos analisados ao se tracionar uma armadura linear são essencialmente tridimensionais. Ainda, no cisalhamento direto, não é considerada a rigidez das armaduras que afeta o mecanismo da mobilização da resistência. E, na sua maioria esses ensaios, são realizados com tensão normal constante; com a variação de volume; já que quando se trata de solos granulares a restrição da dilatação influencia a resistência da interface. Durante a tração da armadura, dentro do maciço, há transferência de tensões de cisalhamento para o solo e, o solo terá a tendência de dilatar e como o solo circundante impede essa dilatação; localmente haverá aumento da tensão normal, o que provocará o aumento da força tangencial na interface, Felix, 1991. A tabela 1, apresenta alguns equipamentos para testes de interface; suas vantagens e limitações.

4.2 Uso da Terra Armada

A técnica de terra armada é uma das técnicas de reforço de solos que se apresenta como uma alternativa técnico-econômica viável e em expansão em todo o mundo. A introdução de inclusões traz ao maciço a ser estabilizado um comportamento mecanicamente mais favorável. Uma vez que as inclusões resistentes a tração são inseridas convenientemente no seu corpo com o objetivo de promover uma redistribuição de esforços nas zonas mais susceptíveis a movimentação; essas zonas transformam-se em resistentes e estáveis. Essas estruturas de contenção flexíveis, do tipo gravidade, que associam: aterro selecionado e compactado; elementos lineares de reforço que serão submetidos à tração; e elementos modulares pré-fabricados de revestimento, têm alta capacidade de suportar carregamentos e são ideais para muros de grande altura, ou que estejam sujeitos às sobrecargas excepcionais.

O princípio da tecnologia da terra armada é a interação entre o aterro selecionado e os reforços - inclusões de alta aderência que, corretamente dimensionados, produzem um maciço integrado no qual as inclusões resistem aos esforços internos de tração desenvolvidos no seu interior passando a se comportar como um corpo “coesivo” monolítico, suportando, além de seu peso próprio, as cargas externas para as quais foram projectados.

Tabela 1 - Equipamentos para testes de interface; suas vantagens e limitações (adaptado de Kishida e Uesugi 1987, apud Felix 1991)

TIPO	EXEMPLOS	VANTAGENS	LIMITAÇÕES
<p>CORTE DIRECTO</p> 	Potyondy (1961); Guilloux <i>et al</i> (1979); Desai <i>et al</i> (1985)	Sistema simples. Fácil preparação. Condução simples do ensaio.	Impossibilidade de distinguir os deslocamentos devidos a escorregamentos daqueles devidos à deformação por corte do solo. Redução da área da interface com o incremento dos deslocamentos.
<p>CORTE ANELAR</p> 	Brumund e Leonards (1973); Miyamoto <i>et al</i> (1975)	Simulação geometricamente correcta do atrito desenvolvido na face de estacas e reforços metálicos.	Desconhecimento da tensão normal na interface. Concentração de tensões nas extremidades.
<p>CORTE CIRCULAR POR TORÇÃO</p> 	Yoshimi e Kishida (1981)	Não se verifica concentração de tensões nas extremidades. Área da interface constante. Contribuição de deslocamentos observáveis por raio X (escorregamentos e deslocamentos devidos à deformação por corte do solo).	Sistema e condução do ensaio complexos. Dificuldades na preparação das amostras. Dificuldade na obtenção de rugosidade uniforme no anel metálico.
<p>CORTE SIMPLES</p> 	Kishida e Uesugi (1987)	Área da interface constante. Fácil preparação. Condução simples do ensaio. Medição separada dos deslocamentos (escorregamentos e deslocamentos devidos à deformação por corte do solo).	Concentração de tensões nas extremidades.

4.3 Inclusões Poliméricas

As inclusões poliméricas, são fitas com uma estrutura planar com superfícies rugosas, constituídas por fibras de poliéster de alta tenacidade, considerados apropriadas para usar em terra armada com face de concreto. Sugere-se que para este material é necessário para o seu aterro um material grosso. As inclusões poliméricas têm sido usadas actualmente com sucessos. A figura 6, mostra pormenores de fitas poliméricas [Maparagem, 2011]. Para contenções em que as inclusões são as fitas poliméricas são recomendados três tipos de solos que são

- SOLO I - Pedregulhos bem graduados (GW), com dimensões máximas dos grãos de 75,0 mm, $D_{(50)}$ aproximadamente de 12,5 mm e menos de 2% passando de P#200; tendo o coeficiente interação fita-solo de 0,90.
- SOLO II - Areia apropriada para o Betão ou simplesmente areia bem graduada (SW), bem graduada com diâmetro máximo das partículas igual a 25,0 mm, $D_{(50)}$

aproximadamente 0,850 mm e menos de 3,8% das partículas passando por P#200 e o coeficiente de interação de 0,80.

- SOLO III - Areia siltosa (MS), com diâmetro máximo das partículas igual a 25,0 mm, $D_{(50)}$ aproximadamente 0,150 mm, 2,9% de pedregulho, 61% de areia e 36,1% passando pela malha P#200; com o coeficiente de interação de 0,70. (TECHNICAL DATA SHEET Ver.00.Date.30.01.2007)-Maccaferri.

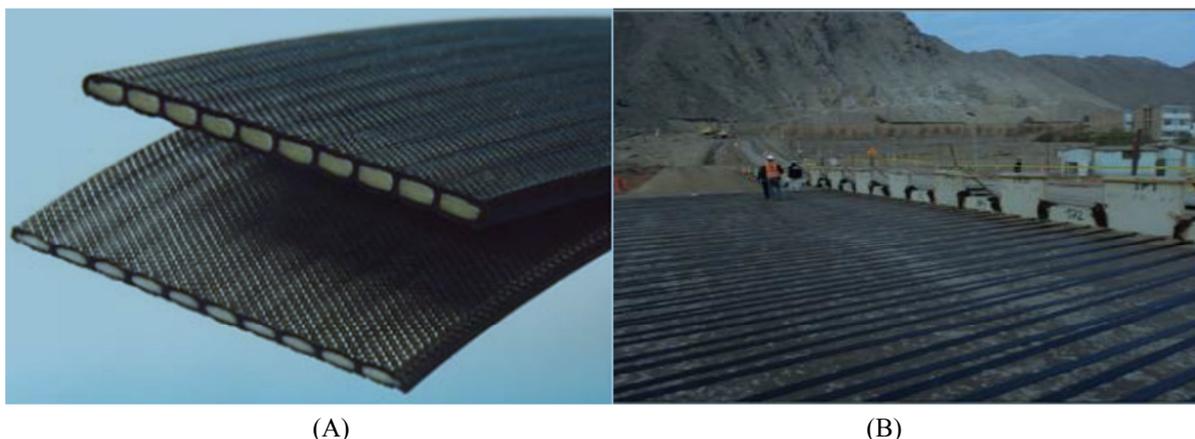


Fig. 6 - Fita Polimérica: (A) Sua estrutura simples; (B) Fitas poliméricas na execução de terra armada

A preferência fazer o uso de solos granulares com alta resistência ao cisalhamento e capacidade de livre drenagem, material que dissipe rapidamente as pressões de água que são desenvolvidas durante a construção e àquelas que serão desenvolvidas durante a vida útil da obra, de certa maneira retira a vantagem de redução de custos, Bueno e Maparagem, 2011. Para o caso de algumas regiões de Moçambique, geralmente onde se pratica a agricultura e actividades mineiras (Garimpo), zonas onde muitas vezes os solos preconizados não estão próximos do local da execução da obra, é necessário um estudo que mostre a possibilidade ou não, do uso dos solos locais para otimizar as vantagens económicas da técnica de terra armada

Em Moçambique, os solos finos são encontrados em grandes áreas e, principalmente, quando apresentam comportamento laterítico, seus parâmetros de resistência ao corte (coesão e atrito), podem ser elevados. Outro factor importante, relacionado aos solos Moçambicanos, refere-se a sua condição não saturada que pode perdurar em muitas obras. Nesta condição as pressões neutras são negativas, e contribuem para o aumento do parâmetro de coesão do solo (coesão aparente, tornando as obras mais estáveis).

Assim, neste trabalho foi avaliada a interação solo fitas poliméricas dos solos de Hokotora, Posto Administrativo de Siluvo, Distrito de Nhamatanda, Província de Sofala. As informações obtidas através de ensaios de arranque de fitas poliméricas em laboratório e comparados aos resultados teóricos da norma e dos outros instrumentos de verificação de estabilidade desse tipo de projectos. As inclusões Poliméricas eficientes para o uso em projetos de terra armada são as fitas nervuradas.

4.4 Drenagem

É sempre necessário um projeto de drenagem específico para manter a estabilidade da estrutura quando em presença de água; principalmente quando o material de aterro for constituído por finos.

Devem ser previstos dispositivos que permitem aumentar a eficiência da drenagem, escoando a água sem carreamento de finos, e evitando comprometer a estabilidade da obra. Este objetivo pode ser alcançado por soluções com uso de filtros (colchões e valas drenantes) com material granular adequado e/ou geotêxteis.

4.5 Execução e funcionamento

Terra armada é uma técnica de reforço de reaterros, onde a estrutura reforçada é construída por preenchimento, em sucessivas fases de baixo para cima. Em paredes de terra armada, os deslocamentos laterais no pé da parede aumentam durante as sucessivas fases de reaterro devido à descompressão das camadas inferiores causada pelo peso do solo. O resultado é que, durante a construção, pequenas deformações ocorrem na base da estrutura onde os deslocamentos horizontais serão máximos. A Figura 7, ilustra o posicionamento das deformações máximas nas estruturas de terra armada.

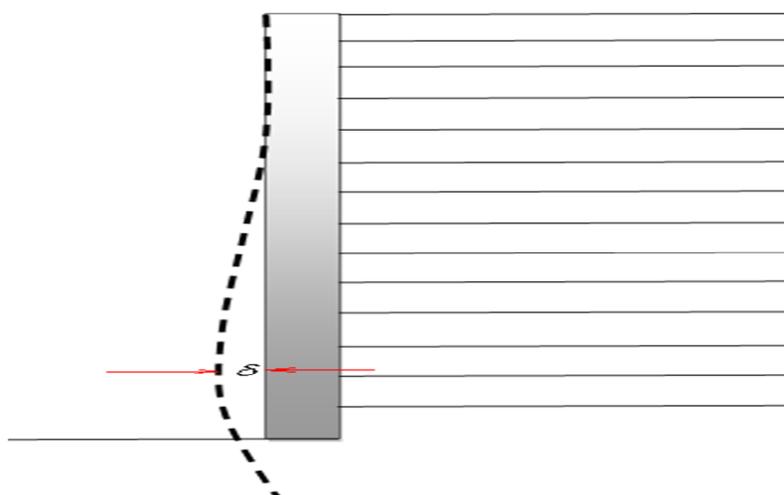


Fig. 7 - Deslocamento horizontal máximo em estruturas de terra armada (Springer, 2001).

As tiras de reforço são completamente flexíveis e opõe-se apenas a esforços de tração (Schlosser, 1982; Bastick, 1990).

Em solos finos (argilas e siltes) o teor de umidade é um parâmetro importante de projeto. Quando o solo está saturado, o atrito solo-inclusão é devido, exclusivamente, a resistência não drenada a qual é geralmente insuficiente para combater os esforços de tração do reforço e conseqüentemente, solos argilosos e siltes são, em geral, inadequados para a elaboração de terra armada. Este comportamento foi também estudado por Schlosser em 1982, para soluções em solo grampeado.

Choukeir et al., 1997; e Jones, 1998, referem que:

- O elemento de reforço é introduzido no solo sem pré-tensão; as forças desenvolvidas nos reforços surgem quando da ocorrência de deformações no solo;
- As forças desenvolvidas nos reforços são sustentadas pelo atrito entre o solo e o elemento de reforço;
- Estruturas em terra armada são sistemas que são consistentes e flexíveis. Por esta razão, eles oferecem vantagens em oposição a grandes deformações e em observações de campo após terremotos sobre estruturas de solo grampeado e em terra armada.

Neste tipo de estruturas, verifica-se uma alta resistência das mesmas em relação a esforços dinâmicos (efeitos sísmicos), mesmo considerando que as faces das estruturas, elementos pré-fabricados, não apresentam função estrutural de muita importante

Para o caso países tropicais com abundância de solos não convencionais (solos granulares) a rápida aceitação dos sistemas de solos reforçados, é devido ao seu custo relativamente baixo, estética, o bom desempenho e fiabilidade, construção relativamente simples, e capacidade suporte de grandes solicitações; esta aceitação, somente terá um valor acrescentado, se forem usados para os aterros, solos locais (o material escavado na área a ser reforçada ou nas suas proximidades).

4.6 Aplicação da técnica de terra armada

A técnica de terra armada é aplicada na construção de encontro de pontes e viadutos, muros de contenção, aterros e em todas as obras onde se faz necessário estabilizar material inconsolidado empilhado, como solo, minério, rejeito de mineração, etc.

4.7 Vantagens da técnica de terra armada sobre outras técnicas

A técnica permite resolver os problemas decorrentes de situações complexas e proporciona a melhor solução diante de configurações delicadas, tais como espaços exíguos, terrenos instáveis ou com fortes inclinações. A variedade de soluções permite satisfazer as exigências arquitetónicas. Assim, as obras são mais tolerantes a recalques diferenciais; mais tolerantes a abalos, como os sísmicos; permitem o uso de mão-de-obra local e não especializada; são fáceis de integrar-se nas exigências ambientais e ainda são de baixo custo comparado às outras técnicas.

Os muros de terra armada superam alturas maiores do que os muros convencionais e se valem da colocação gradual de terra para estruturar o terreno; são tecnicamente viáveis para alturas superiores a 25 m.

Devido à elevada flexibilidade dos paramentos os maciços adaptam-se a fundações compressíveis, permitindo bem assentamentos diferenciais não admissíveis para as soluções rígidas clássicas de betão armado e outras.

4.8 Ensaios de arranque

Segundo Felix (1992), a distribuição das trações feitas nas armaduras sujeitas a ensaio de arranque apresenta algumas diferenças importantes em relação a que se observa nas obras reais de reforços de solos; porque para os muros de terra armada é possível identificar no maciço reforçado duas zonas bem distintas: zona ativa, na qual as tensões tangenciais são transferidas do solo para as armaduras e a zona resistente em que, as trações nas inclusões vão diminuindo até as suas extremidades posteriores, devido as tensões tangenciais reativas mobilizadas nas interfaces. O autor ainda realça o fato de os campos de deslocamentos nas obras de reforço serem completamente distintos aos dos ensaios de arranque; posto que, quando se trata de ensaios de arranque, os únicos movimentos do maciço, são os induzidos pelas forças transmitidas ao solo pelas armaduras tracionadas enquanto nas obras reais, há coexistência deste tipo com os deslocamentos globais causadas pela construção, o que significa que nas obras geralmente as tensões tangenciais mais elevadas começam a ser mobilizadas nas extremidades posteriores, acontecendo o contrário nos ensaios de arranque.

Segundo Palmeira e Milligan, 1989, o ensaio de arranque é o que melhor representa as situações reais de campo, quando são utilizadas geogrelhas como elementos de reforço.

Para que os ensaios de arranque em laboratórios sejam representativos é necessário reproduzir adequadamente as características do solo e as de instalação dos reforços que semelhante à obra real, pois isso é determinante para na interação solo-reforço. Os ensaios de arranque permitem a obtenção de informações sobre os valores médios das características mecânicas representadas em curvas de variação das forças de arranque com os deslocamentos.

A geometria de um projeto em terra armada é determinante no desempenho da obra. A distribuição das inclusões ao longo da face do talude, a determinação dos espaçamentos horizontal e vertical, o comprimento e rugosidade (superfície lisa ou nervurada) das inclusões, influenciam bastante ao comportamento do maciço. Esses parâmetros dependem diretamente da previsão das cargas máximas de trabalho das fitas que, por sua vez, são função do atrito na interface solo fita (f^*). A fim de se determinar estes parâmetros, alguns ensaios e correlações empíricas são propostos.

Para a obtenção de um bom resultado em ensaio de arranque é preciso garantir a existência de equipamentos de boa qualidade precisão e eficiência na medição. Os equipamentos devem ser usados de forma a otimizar a sua aplicação; para isso devem ser distribuídos e instalados de uma forma objetiva e cuidadosa.

É de extremo interesse o conhecimento da distribuição das tensões desenvolvidas ao longo do elemento de reforço, a fim de que se possa prever o comportamento da estrutura no processo da estabilização do terreno. Porque determinada esta distribuição, é possível identificar o comprimento real do reforço que estará sendo solicitado à tração a medida em que o solo circundante tende a se deslocar.

O uso da instrumentação consiste no monitoramento das deformações, com destaque para o uso de *strain gages*, pela sua versatilidade de aplicação, precisão das medidas e facilidade de manipulação. Além disso, são capazes de monitorar as deformações até as cargas últimas em ensaios destrutivos Miranda, 2009.

Nas inclusões usadas como reforço em terra armada, é muito importante o uso dos *strain gages* para a percepção do andamento das tensões de tração ao longo da fita durante o processo de arranque; para além dos *strain gages*, torna-se necessário o uso de células de tensão total para a simulação das profundidades onde as inclusões estão inseridas. A colocação e manuseamento desses sensores durante os ensaios quando não feitos com muito cuidado podem comprometer as leituras e consequentemente conduzir a resultados deturpados ou fora da realidade do que seria de esperar. Muitas vezes é preciso ter algumas aulas de eletrônica para entender a trabalhar com todos os materiais auxiliares dos sensores, de modo a garantir um bom controle de procedimentos de conexões.

5. MATERIAIS, MÉTODOS E RESULTADOS

5.1 Materiais

Os materiais e métodos usados para a execução da parte experimental da pesquisa, possibilitando a realização de ensaios que conduziram aos resultados. Foram realizados ensaios de laboratório para a caracterização do solo e posteriormente os ensaios de cisalhamento direto e os ensaios tri-axiais; seguidos de ensaios de arranque; os últimos com objetivo de avaliar a interação solo - fita poliméricas.

Para a realização dos ensaios de arranque, em laboratório foi necessário, para além da caixa de ensaios de arranque, os materiais e equipamentos abaixo mencionados e descritos:

5.1.1. Fitas poliméricas

As fitas poliméricas foram fornecidas pela Maccaferri; com dimensões usados foram de 1.400 mm de comprimento dentro do maciço mais 350 mm para a conexão com a garra de arranque; largas de 47 e 50 mm; tendo uma superfície rugosa. A figura 8 abaixo, mostra s resultados de ensaio de tração em fita polimérica

Tabela de propriedades	
Número de elementos	01
Largura	47,000mm
Identificação	Fita de 47mm
Pré-carga	True

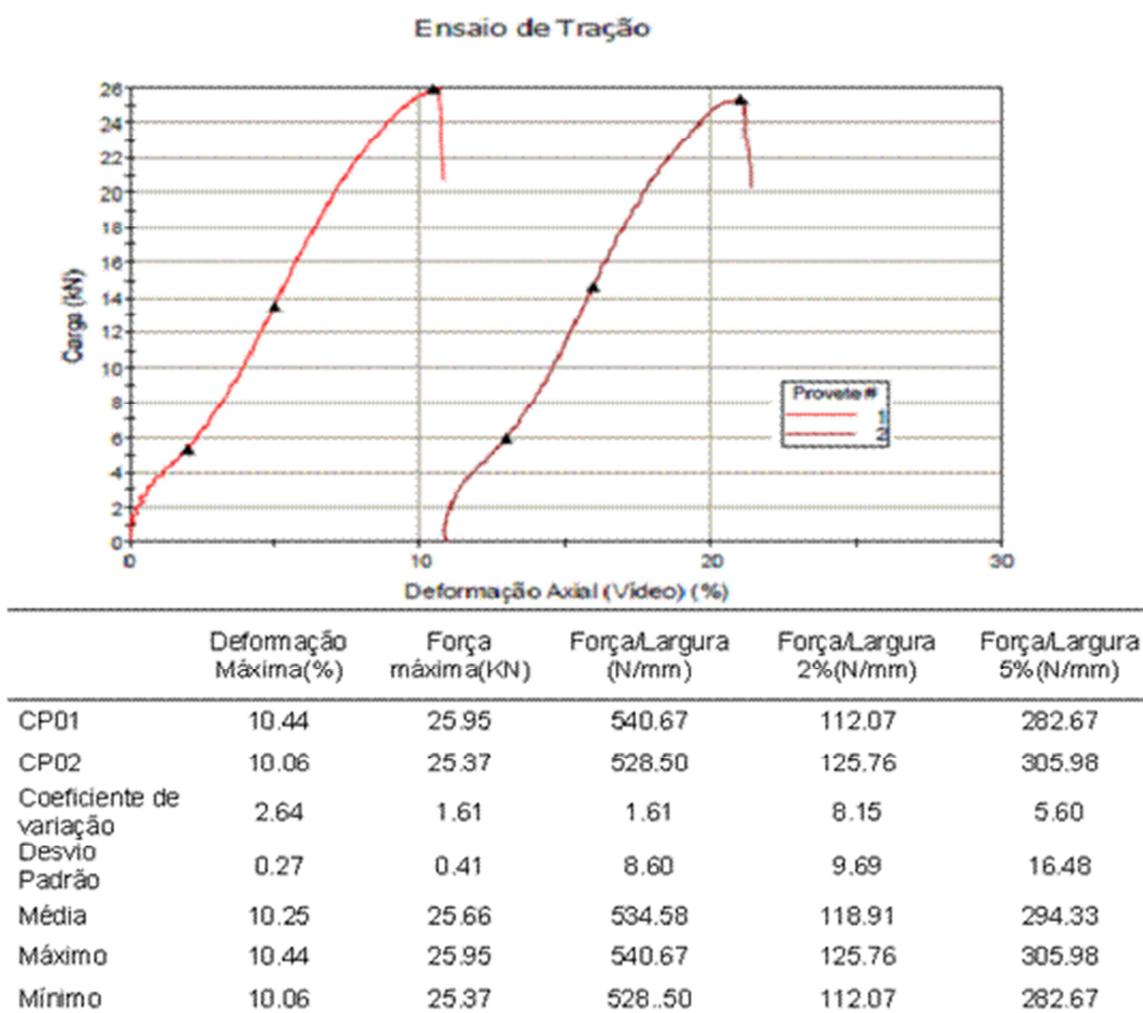


Fig. 8 - Resultados de ensaios de tração de fita polimérica de 47 mm de largura.

5.1.2. Placa de reação de aço

A placa de aço foi concebida junto com a caixa, para reagir à pressão exercida pela bolsa de ar; é fixada na caixa através de parafusos; serve de tampa para a caixa.

5.1.3. Célula de carga

Foi usada uma célula de carga de aço, modelo KS 5.000; concebida para a medição de pesos e forças nos sentidos de tração e compressão, para aplicação em laboratórios e indústrias; a mesma usada durante atração das fitas poliméricas no processo de calibração. A Figura 9 mostra uma imagem da célula de carga.

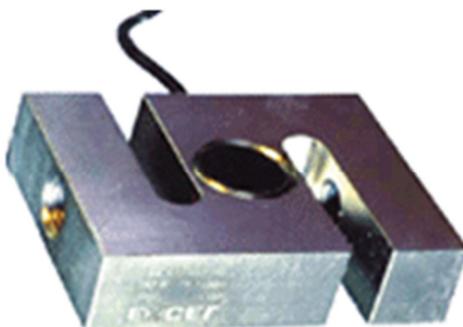


Fig. 9 - Foto da célula de carga usada

5.1.4. Células de tensão total

Foram usadas as células de tensões totais modelo BE-2KD (interface) e modelo BE-2KC (inclusão) fabricadas pela *Kyowa Electronic Instruments Company Limited*.

5.1.5. Transdutores de deslocamento LVDT

Foram usados transdutores LVDT com uma precisão de 0,001mm; fabricada pela Vishay Precision Group.

5.1.6. Motor;

O motor foi preparado de maneira a realizar o arranque com uma velocidade constante; foi ainda montado um LVDT, com precisão até 0,001mm para em paralelo monitorar os deslocamentos.

5.1.7. Strain gages

Os *strain gages* usados, foram fornecidos pela Excel sensores.

5.1.8. Bolsa de ar

A bolsa de ar foi o meio pelo qual os acréscimos da tensão vertical foi aplicada durante a realização de ensaios de arranques; a bolsa é de PVC que foi fabricada pela Formato; com o comprimento de 1.400mm, largura de 560 mm e uma espessura de 20 mm, podendo suportar até 300 kPa.

5.1.9. Solo de Hokotora;

O solo de Hokotora é proveniente de um pequeno planalto com o mesmo nome a aproximadamente dez quilômetros da Barragem de Nhauriri, construída no Rio Rovue., onde ocorrem actividades de mineração Artesanal.

O solo em estudo apresenta as características apresentadas nas tabelas abaixo.

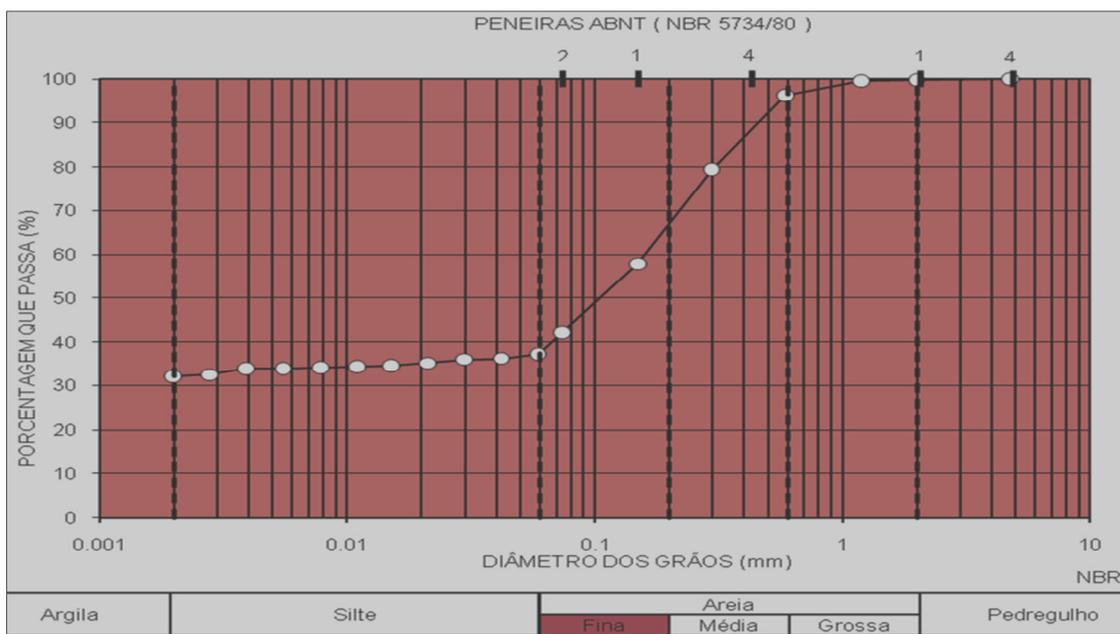


Fig. 10 - Curva granulométrica do solo Hokotora.

Tabela 2 - Resumo das características do solo Hokotora - Nhamatanda

1	Massa Específica Dos Sólidos - G_s (g/cm ³)	2,73
2	Massa Específica Seca Máxima (g/cm ³)	1,86
3	Teor De Humidade Ótimo - W_{ot} (%)	14,7
4	Percentual De Areia (%)	62,00
5	Percentual De Argila (%)	32,0
6	Percentual De Silte (%)	6,0
7	Limite De Liquidez - WL (%)	32
8	Limite De Plasticidade - W_p (%)	20
9	Índice De Plasticidade I_p (%)	12
10	Ângulo De Atrito Interno Φ' (°)	31,7
11	Intercepto De Coesão C' (KPa)	28
12	**Classificação - SUCS	SC

5.1.10. Caixa de ensaios de arranque

A caixa de ensaios usada para os ensaios de arranques foi construída por Costa em 2005, a caixa tem um formato prismático com as dimensões apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Dimensões internas da caixa de ensaios

Dimensões da caixa de ensaio de arranque (mm)	
Comprimento interna	1400
Largura interna	560
Altura interna	560

5.2. Calibração das células de tensão total

As células de tensão total usadas são de modelo BE-2KC (inclusão) e BE-2KD (interface), que depois de conectadas aos cabos e, os cabos aos conectores de saída, eram colocadas e calibradas uma a uma usando para tal uma caixa projetada para ensaio de arranque de geogrelhas, segundo pode ser visto na figura 5.6. A caixa metálica com as dimensões seguintes: comprimento 300 mm, largura interna 250 mm e altura interna de 185 mm, com uma tampa também metálica acoplada a uma bolsa de ar em PVC, com uma capacidade de reação de 300 kPa; porém, durante a calibração foi usada uma carga de 250 kPa.

Colocou-se a célula de tensão total na base da caixa e posteriormente encheu-se a caixa com areia seca, em seguida tampou-se a caixa e começou-se a encher a bolsa. Os carregamentos foram feitos de forma progressiva com um aumento de 10 kPa até atingir 250 kPa; depois de atingir 250 kPa, eram feitos os descarregamentos, seguindo a ordem decrescente do carregamento até 0,0 kPa; o procedimento é repetido várias vezes para a estabilização das leituras garantido assim, a dissipação da histerese, vale salientar que esse procedimento é realizado para cada uma das células a usar.

5.3. Relações fundamentais usadas

Em relação ao critério mecânico, a NBR 9286/86 estabelece duas principais características a serem observadas que são: o peso específico e o atrito de interface (f^* - coeficiente de atrito aparente solo - fita).

O coeficiente de atrito aparente solo - fita (f^*), é definido pela equação 1, e é dependente da tensão tangencial máxima mobilizada no contato solo - fita (τ_{\max}) e da tensão vertical efetiva média do nível considerado (σ_v). É ainda suposto que o coeficiente f^* não varia ao longo do comprimento do elemento.

$$f^* = \frac{\tau_{\max}}{\sigma_v} \quad \text{Eq. 1}$$

Em aterros compactados, em que a granulometria atende aos critérios estabelecidos para os solos de tipo A e B da tabela 4.1, o valor de f^* varia em função da profundidade que se mede a partir do nível de altura mecânica. A variação de f^* segue a seguinte lei:

$$f^* = f^*_0 \left(1 - \frac{z}{z_0}\right) + tg\phi_0 \left(\frac{z}{z_0}\right), z < z_0 \quad \text{Eq. 2}$$

$$f^* = tg\phi, \text{ para } z \geq z_0 \quad \text{Eq. 3}$$

Considera-se $z_0 = 6\text{m}$; este valor de z_0 foi considerado de acordo com uma série de ensaios em modelos reduzidos e medições em obras reais (NBR 9286/86).

O coeficiente f_0 é avaliado pela expressão 4.

$$f^*_0 = 1,5 \text{ ou } f^*_0 = 1,2 \log Cu \quad \text{Eq. 4}$$

A verificação da ruptura por arranque visa assegurar que as inclusões não deslizem quando submetidas ao esforço de tração. Para isso a força de tração F_h deve então ser igual a uma força limite que é definida por:

$$F_{ARR} = 2 \cdot L \arg_{fita} \cdot L_{anc} \cdot (c_a + \sigma_v \cdot f) \quad \text{Eq. 5}$$

$$L_{anc} = \text{comprimento na zona resistente: } L_{anc} = \left| \frac{NBR}{T.Armada} \right| \quad \text{Eq. 6}$$

$$FS_{ARR} = \frac{F_{ARR}}{F_h} \geq 1,5 \quad \text{Eq.7}$$

O solo de Hokotor é coesivo, para considerar a coesão usou-se a equação 5 para formular a equação que determina o coeficiente de atrito aparente solo-fita f^* , que foi designada por equação 8.

$$F_{arr} = 2 \cdot \text{Área} \cdot (C_\alpha + \sigma'_v \cdot f^*) \Rightarrow f^* = \frac{\left(\frac{F_{arr}}{2 \cdot B \cdot L} \right) - C_\alpha}{\sigma'_v} \quad \text{Eq.8}$$

5.4. Ensaio de arranque de fitas poliméricas

Com a intenção de avaliar a interação solo-fita polimérica foram realizados seis ensaio de arranque de fitas poliméricas com areia argilosa do Hokotora

As fitas poliméricas foram submetidas a ensaios de tração; o objetivo dos ensaios de tração foi de avaliar se as forças de arranque obtidas durante a execução de ensaios poderia provocar deformações excessivas ou não nas fitas poliméricas. Os ensaios foram executados em amostras não reduzidas, facilitando assim à comparação das resistências a tração durante os ensaios de tração e de arranque respectivamente. Os ensaios de tração foram realizados no Laboratório Multidisciplinar da Glorias Consultorias & Engenharias, Lda

Foi necessário aplicar uma pré-carga para cada ensaio de modo a garantir que os deslocamentos devido ao ajuste na garra de arranque, não interferissem no percurso do LVDT. As pré-cargas foram consideradas e adicionadas às forças de arranque finais.

A Figura 11, abaixo mostra a inserção das fitas poliméricas no maciço, durante o processo de preparação do ensaio.



Fig. 11 - Inserção da fita polimérica no maciço (Maparagem, 2011)

5.4.1. Ensaio com o solo de Hokotora

A tabela 4 Mostra os valores das forças de arranque e as pré-cargas aplicadas durante a execução dos ensaio de arranque de fitas poliméricas em solo de Hokotora.

Tabela 4 - Valores das forças de arranque e das pré-cargas usadas nos ensaios (solo de Hokotora)

Ensaio	F_{ar} (KN)	$\Delta\sigma'_v$ (kPa)	$\sigma'_{v\ total}$ (KPa)	Pé-carga (KN)	$F_{arr.\ total}$ (KN)
1_FPO ₄₇ _H	5.400	41.470	46.492	0.392	5.792
2_FPO ₄₇ _H	7.200	105.000	110.022	0.4214	7.621
3_FPO ₄₇ _H	8.100	156.660	161.682	0.3234	8.423
1_FPO ₅₀ _H	8.950	61.536	66.558	0.3822	9.332
2_FPO ₅₀ _H	9.000	124.201	129.223	0.3626	9.363
A 3_FPO ₅₀ _H	9.500	160.003	165.025	0.392	9.892

Tabela 5, Mostra os valores que caracterizaram os ensaios de arranque das fitas poliméricas em solo de Hokotora

Tabela 5 - Controle de hhumidade e grau de compactação.

Ensaio	w	m _{cilindro}	m _{s+cilindro}	m _{solo}	V _{cilindro}	ρ _n	ρ _d	GC
	(%)	(g)	(g)	(g)	(cm ³)	(g/cm ³)	(g/cm ³)	(%)
1_FPO ₄₇ _H	14.50	1220.60	3199.27	1978.67	1006.838	1.96523	1.716	93.8%
2_FPO ₄₇ _H	14.30	1220.60	2821.99	1601.39	1006.838	1.59051	1.392	94.6%
3_FPO ₄₇ _H	14.65	1220.60	2837.00	1616.40	1006.838	1.60542	1.400	95.2%
1_FPO ₅₀ _H	14.61	1220.60	2841.12	1620.52	1006.838	1.60951	1.404	95.4%
2_FPO ₅₀ _H	14.65	1220.60	2827.01	1606.41	1006.838	1.5955	1.392	94.6%
3_FPO ₅₀ _H	14.61	1220.60	2804.90	1584.30	1006.838	1.57354	1.373	93.3%

Assim, usando a equação 8, obtêm-se resultados apresentados na Tabela 6:

Tabela 6 - Resultados práticos sem considerar a coesão do solo

Ensaio	τ _{max} (kPa)	F _{ar} (KN)	Δσ _v '(kPa)	σ _v ' _{tatal} (KPa)	L (m)	B (m)	H _{eq} (m)	f* _{ad}
1-FPO ₄₇ _H	44.01	5.792	41.470	46.492	1.400	0.047	2.50	0.95
2-FPO ₄₇ _H	57.91	7.621	100.460	105.482	1.400	0.047	5.67	0.55
3-FPO ₄₇ _H	64.01	8.423	155.660	160.682	1.400	0.047	8.64	0.40
1-FPO ₅₀ _H	66.66	9.332	120.000	125.022	1.400	0.050	6.72	0.53
2-FPO ₅₀ _H	66.88	9.363	150.201	155.223	1.400	0.050	8.35	0.43
3-FPO ₅₀ _H	70.66	9.892	160.003	165.025	1.400	0.050	8.87	0.43

Levando em consideração a norma e adotando $f^*_0 = 1,5$; fez-se os cálculos que levaram aos resultados apresentados na tabela 8.

Tabela 7 - Resultados obtidos considerando a teoria, na norma 9286/86.

Ensaio	σ' (kPa)	f*	H _{eq} (m)	Φ (°)	Z ₀ (m)	τ _{max} (kPa)	f* ₀
1-FPO ₄₇ _H	46.492	1.132	2.50	31.7	6	52.64	1.500
2-FPO ₄₇ _H	105.482	0.629	5.92	31.7	6	66.39	1.500
3-FPO ₄₇ _H	160.682	0.618	8.69	31.7	6	99.24	1.500
1-FPO ₅₀ _H	125.022	0.974	3.58	31.7	6	121.71	1.500
2-FPO ₅₀ _H	155.223	0.618	6.95	31.7	6	95.87	1.500
3-FPO ₅₀ _H	165.025	0.618	8.87	31.7	6	101.92	1.500

Também foi considerado o efeito da coesão através equação 8, uma vez se tratando de um solo coesivo e os resultados obtidos são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Resultados do ensaio considerando o efeito da coesão do solo

Ensaio	σ'_{total} (KPa)	F_{arr} (KN)	H_{eq} (m)	$C\alpha$ (kPa)	τ_{max} (kPa)	f^*	L (m)	B (m)
1-FPO47-H	46.492	5.792	2.50	37.23	44.01	0.146	1.400	0.047
2-FPO47-H	105.482	7.621	5.67	37.23	57.91	0.196	1.400	0.047
3-FPO47-H	160.682	8.423	8.64	37.23	64.01	0.167	1.400	0.047
1-FPO50-H	125.022	9.332	6.72	37.23	66.66	0.235	1.400	0.050
2-FPO50-H	155.223	9.363	8.35	37.23	66.88	0.191	1.400	0.050
3-FPO50-H	165.025	9.892	8.87	37.23	70.66	0.203	1.400	0.050

As tabelas 10 e 11 apresentam as equações de envoltórias segundo a norma anbr 9286/86 e dos resultados práticos dos ensaios, respectivamente.

Tabela 9 -Para resultados teóricos segundo a norma NBR 9286/86

Ensaio	Ângulo de atrito da interface δ (°)	Adesão C_a (kPa)	Equação da envoltória
FPO_H	25,11	39.77	$39,77 + \sigma \cdot \text{tang}25,11^\circ$

Tabela 10 - Para resultados práticos

Ensaio	Ângulo de atrito da interface δ (°)	Adesão C_a (kPa)	Equação da envoltória
FPO_H	11,51	37,23	$37,23 + \sigma \cdot \text{tang}11,51^\circ$

5.5. Análise dos resultados

As fitas poliméricas durante a execução dos ensaios de arranque apresentaram a força de arranque máxima de cerca de 9,90 KN, (ensaio 3-FPO₅₀-H) quando aplicada uma solitação de 165,03 kPa. Vê-se que o valor da força de arranque é menos que a metade da média da que foi usada nos ensaios de tração apresentado na figura 8.

Na preparação dos ensaios as fitas foram instrumentadas com *strain gages* como se tem referido nos capítulos anteriores; esses sensores serviram para facilitar a compreensão do andamento da tração ao longo do comprimento das fitas poliméricas. A figura 12, mostra o comportamento típico verificado nos ensaios, em que a tendência foi do *strain gage* mais próximo do ponto da aplicação da força de arranque estar mais solicitado á tração, e, na medida em que se afasta do ponto de aplicação há uma tendência de redução do valor registado; sendo o *strain gage* que regista o menor força, o último.

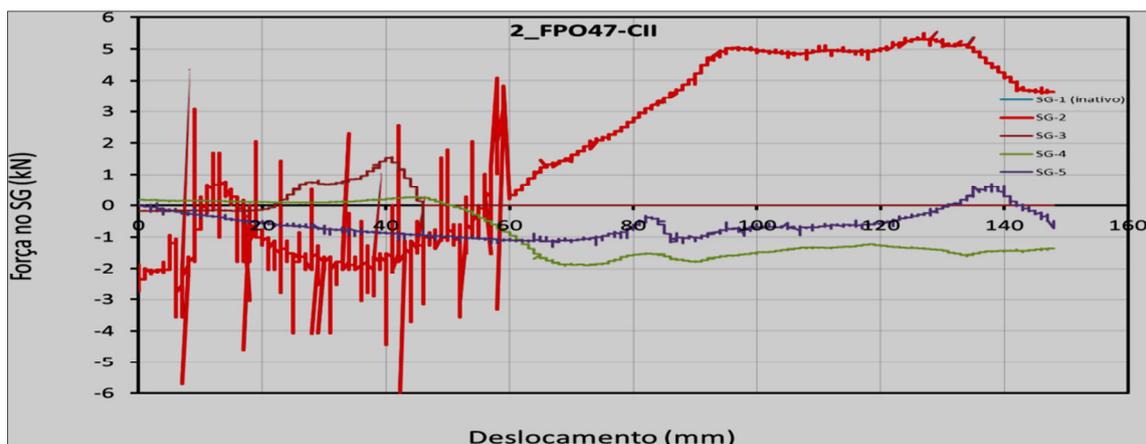


Fig. 12 - Comportamento do andamento das trações ao longo das inclusões (Hokotora)

De modo a permitir uma melhor compreensão da comparação dos resultados dos ensaios em termos de coeficientes de atrito aparente solo-inclusão foi traçada a curva teórica preconizada na norma e depois, na mesma área, lançou-se os resultados dos ensaios; calculados levando em conta a relação teórica, a relação direta sem considerar a coesão e finalmente a relação real para os solos coesivos, a que considera a coesão através da incorporação da adesão solo-reforço nos cálculos.

Depois do traçado das curvas f^* vs profundidade foram traçadas as envoltórias típicas da interação solo inclusão que permitem calcular os valores típicos da adesão, a seguir são apresentadas a comparação entre a curva teórica e os resultados obtidos calculados considerando as diferentes relações. Onde pode se observar que os resultados obtidos dos ensaios não são coerentes com os teóricos.

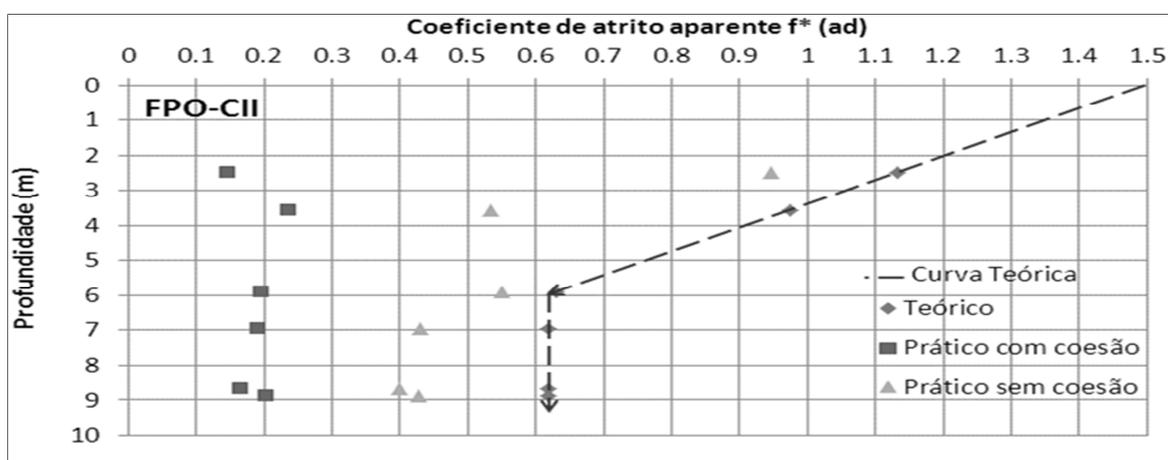


Fig. 13 - Distribuição dos resultados de ensaios em relação à curva da norma NBR9286/86 - solo-fita polimérica

6. CONCLUSÕES

Foram realizados 06 ensaio de arranque de grande escala em laboratório com o objetivo de avaliar a interação solo-fitas poliméricas para soluções em terra armada solos problemáticos em áreas agrícolas e de mineração artesanal de Hokotora. Os objetivos incluíam a comparação

com a norma brasileira de terra armada NBR 9286/86 e dos critérios usados para a validação de obras que consideram inclusões poliméricas.

Dos resultados dos ensaios concluiu-se que;

- 1- Quanto maiores foram as profundidades, representadas pelos valores maiores de acréscimos da tensão vertical, o coeficiente de atrito aparente solo-fita tendia a reduzir.
- 2- Para solos coesivos de Hokotora, os valores do f^* são muito menores. A pior situação foi constatada quando se considera a influência da coesão tão elevada dos solos.
- 3- O andamento das tensões ao longo do comprimento das fitas durante os ensaios de arranque, avaliados a partir dos registros de sensores (*strain gages*), mostraram que as tensões de tração são maiores próximo do ponto de aplicação da força do arranque e os seus valores vão reduzindo em direção à zona resistente ou para o interior do maciço (extremidade posterior da fita).
- 4- Os resultados dos ensaios mostram que as forças de tração nas fitas são muito menores aos obtidos nos ensaios de tração para a caracterização ou calibração das mesmas, não havendo assim, perigo de ocorrência de deformações excessivas nas fitas.
- 5- O comprimento das fitas dentro do maciço é muito menor na caixa de ensaios e não permite tirar a vantagem de maior número de nervuras inseridas no maciço, no caso das fitas metálicas nervuradas, muito menos da superfície rugosa das fitas poliméricas.
- 6- Os resultados obtidos com fitas poliméricas considerando a norma para o solo de Hokotora; são satisfatórios para profundidades de até 3,0 metros.

REFERÊNCIAS

- [1]-ABRAMENTO, M.; KOSHIMA, A. & ZIRLIS, A.C. Reforço do terreno. Fundações Teoria e Prática, São Paulo, 1998, Editora Pini, 2ª. edição, pp.641-690.
- [2]-ALIMI, I. et al (1977)-“Étude de l'adhérence sol-armature en place en laboratoire” - 9th ICSMFE, Tokyo.
- [3]-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9286-TERRA ARMADA. RIO DE JANEIRO, 1986.
- [4]-BASTICK, M., SCHOLESSER, F., E CANEPA, Y. (1991) “Efforts et déformations dans une cullée expérimentale en terre armée” - X ECSMF, Firenze.
- [5]-BUENO, B. S., Geosynthetic - Reinforced Soil walls and Slopes: Brazilian Perspectives, Geofrontiers., Austin T., 2005, 14p.
- [6]-BUENO, b. S., VILAR, O. M. e ZORMBERG, J.G. Use of tropical soil as backfill of reinforced soil structures in Brazil, 8th International Conference on geosynthetics, Yocohama, 2006, pp.1209-1212.
- [7]-FELIX, C. M. S. (1991). Comportamento dos Muros de Terra Armada. FEUP-portugal.
- [8]-MACCAFERRI-Technical data sheet-ParawebTM MD (30.01.2007).
- [9]-Maparagem, A. S e Bueno B.S Avaliação da Interação Solo-Fita metálicas e poliméricas para Soluções em Terra Armada em Solos não Convencionais 2011

[10]-Maparagem, A. S, Machanically Stabilized Eath with Concret wall facing Technique- Estudo de comparação de custo entre muro de arrimo e de flexão 2013

[11]-MECHANICALLY STABILIZED EARTH WALLS AND REINFORCED SOIL SLOPES DESIGN & CONSTRUCTION GUIDELINES No. FHWA-NHI-00-043, NHI Course No. 132042., 2001, PP 20-136.

[12]-MIRANDA, S. B. (2009). Estudo da Resistência ao Cisalhamento de Interfaces em Reforços Unidirecionais.

[13]-NBR 6323- Produtos de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente. Rio de Janeiro, 1990.

[14]-SERAPHIN E MELO 2003-PUC- Rio- certificação Digital nº 0321277/CA

ARTIGO REF: 6910

CARATERIZAÇÃO EXPERIMENTAL DE REJEITADOS MINEIROS ESPESSADOS

Nuno Raposo^{1,3(*)}, António Topa Gomes^{2,3}, Ricardo Bahia⁴

¹Instituto Politécnico de Viseu (ESTGV), Depart. Eng^a Civil - Viseu, Portugal

²Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Depart. Eng^a Civil - Porto, Portugal

³Construct - Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, Depart. Eng^a Civil - Porto, Portugal

⁴Golder Associates Portugal - Sintra, Portugal

(*)*Email: nraposo@ipv.pt*

RESUMO

O presente trabalho apresenta um caso concreto de implementação de uma solução de espessamento de rejeitados. Além da descrição do processo de espessamento, com todos os seus componentes e funcionamento, o trabalho caracteriza o comportamento geotécnico do material espessado. Com esse objetivo apresentam-se e discutem-se ensaios relativos à granulometria, sedimentação e compressibilidade do material rejeitado, com diferentes níveis de teor de sólidos. Dos vários resultados apresentados fica demonstrada a importância do espessamento, uma vez que os rejeitados espessados apresentam segregação quase nula, índices de vazios significativamente menores e compressibilidades também muito inferiores, resultando um ganho relevante do seu comportamento em termos mecânicos e ambientais.

INTRODUÇÃO

A criação de resíduos resultantes da atividade mineira é inevitável e, na maioria das explorações, corresponde a uma percentagem elevada do material extraído do terreno. Toda essa grande quantidade de material sobrando necessita ser depositada de forma adequada. Durante muitos anos, os rejeitados da atividade mineira eram depositados com pouco controlo, criando situações críticas para o ambiente e para a saúde pública (Blight, 2010).

Em muitos casos os paradigmas de valorização do capital limitam os recursos disponíveis para desenvolver ou melhorar a sustentabilidade da atividade mineira. Consequentemente, não é raro que a gestão dos rejeitados resultantes da atividade mineira seja realizada por métodos convencionais de simples despejo em bacias de contenção de lamas, enquanto se utilizam cimentos e inertes extraídos de outros locais para efetuar o enchimento de túneis e galerias já desativados. No entanto, mais recentemente, tem-se assistido a um incremento das explorações mineiras onde os resíduos são processados para que seja possível, reaproveitar tudo o que possa ser útil (Jewell, 2010). Exemplos incluem a reutilização da água de processo, bem como a utilização dos rejeitados no enchimento de galerias enterradas.

Os avanços científicos e de engenharia têm fornecido um grande contributo para gestão dos fluxos de resíduos de mineração de forma mais eficiente e produtiva. Como resultado, as entidades reguladoras têm vindo a licenciar abordagens mais holísticas de gestão de resíduos, uma das quais é a deposição de rejeitados sob a forma de pasta (Jewell e Fourie, 2010).

No presente trabalho apresenta-se um caso de substituição da deposição de rejeitados de modo subaquático (polpa) por rejeitados espessados (pasta), discutindo-se as vantagens desta mudança bem como alguns resultados, maioritariamente resultantes da caracterização geotécnica, dos novos materiais depositados.

A alteração da deposição do modo subaquático para deposição de rejeitados espessados apresentou enormes vantagens de exploração, ambientais e geotécnicas que, resumidamente, se podem apresentar da seguinte forma (Fourie, 2012; Raposo, 2016):

- os rejeitados espessados, ao possuírem um índice de vazios mais reduzido, ocupam menor volume, tendo prolongado o tempo vida útil do local de deposição por vários anos;
- podem ser depositados formando taludes ligeiramente inclinados, aumentando a capacidade volumétrica do depósito de rejeitados;
- apresentam menor deformabilidade e melhores características resistentes, contribuindo para a estabilidade de longo prazo, em especial após o fecho da barragem;
- o processo de espessamento permite recuperar uma grande quantidade de água, que é reaproveitada para o processo industrial;
- passou a haver uma menor quantidade de água para gerir e conseqüente menores riscos estruturais e ambientais inerentes a potenciais roturas, uma vez que a quantidade de água livre no depósito é bastante reduzida;
- deixou de ocorrer segregação, pelo que o depósito se torna menos permeável e geoquimicamente mais estável.

ESPESSAMENTO E TRANSPORTE DOS REJEITADOS

O processo de espessamento dos rejeitados consiste em retirar-lhe uma parte da água de que são constituídos (Slottee, 2014), e está esquematizado na Fig. 1. No caso presente, os rejeitados chegam à instalação de deposição de resíduos com um teor de sólidos médio de 25% (o teor de sólidos corresponde ao peso de partículas sólidas dividido pelo peso total), sendo encaminhados para um tanque de armazenamento de rejeitados, que alimenta os espessadores. À entrada dos espessadores é adicionado o floculante, na razão aproximada de 30 g por tonelada, podendo sofrer ligeiras variações em função da granulometria dos rejeitados. O floculante tem como função agregar as partículas sólidas, facilitando a sua sedimentação.

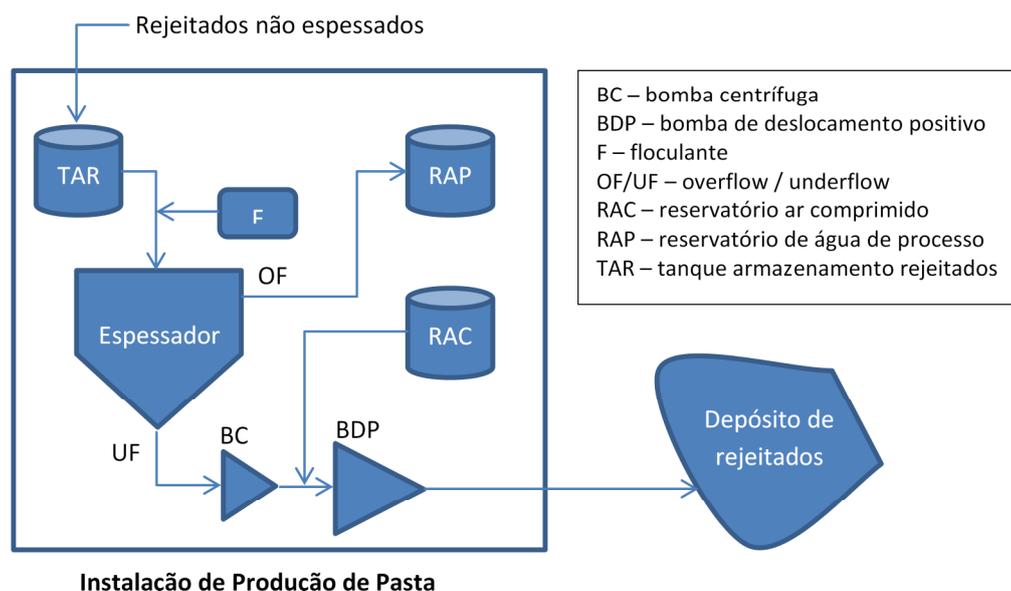


Fig. 1 - Esquema do espessamento e transporte de rejeitados

Cada um dos dois espessadores utilizados nesta instalação tem 18 m de diâmetro e uma altura de 17 m. Os rejeitados ficam no interior dos espessadores durante cerca de 10 horas. O *underflow* dos espessadores tem um teor de sólidos médio de 70%. O *underflow* é bombeado a baixa pressão por uma bomba centrífuga horizontal localizada na base de cada um dos espessadores. Estas bombas primárias transportam o rejeitado desde o fundo do espessador até às bombas de deslocamento positivo. Estas últimas, trabalhando com pressões elevadas, são responsáveis pelo transporte dos rejeitados através de uma rede de tubagens que se abrange todo o depósito. Habitualmente estão ativos dois pontos de deposição de rejeitados, que são alterados a cada 2-3 dias, em função das necessidades.

EFEITO DO ESPESSAMENTO NA CURVA GRANULOMÉTRICA

Um dos aspetos decisivos no que diz respeito ao comportamento dos rejeitados é a granulometria. No gráfico da Figura 2 é possível observar um grande conjunto de curvas granulométricas, determinadas em múltiplas amostras de cada um dos tipos de rejeitados. É notória a regularidade encontrada nos rejeitados espessados (pasta), contrastando com a enorme segregação encontrada nas amostras de rejeitados não espessados (polpa).

Uma das grandes vantagens da deposição sob a forma de pasta, em detrimento da deposição sem recurso a espessamento, é precisamente o facto de se conseguir limitar, ou até anular, a segregação das partículas presentes na mistura depositada.

O facto de não existir segregação promove a diminuição da suscetibilidade à liquefação do material, pelo maior encaixe/arranjo de partículas de diferentes dimensões existente.

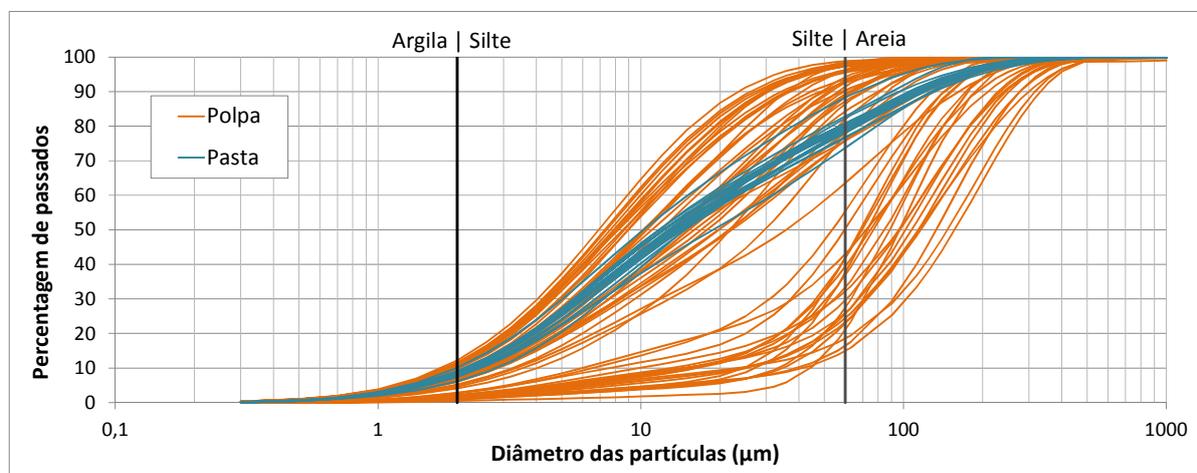


Fig. 2 - Análise granulométrica dos rejeitados não espessados (polpa) e dos rejeitados espessados (pasta), adaptado de [Raposo et al. \(2014\)](#).

Sob outro ponto de vista, a inexistência de segregação promove também a redução da permeabilidade geral do depósito, já que deixam de existir lentes horizontais de material arenoso, que, como é sabido, constituem caminhos preferenciais para a percolação. A menor permeabilidade traduz-se numa redução da infiltração e, conseqüentemente, na redução do volume de água de percolação, aumentando ao mesmo tempo o grau de saturação do depósito, o que, no caso de materiais reativos, como são os do presente trabalho, é de importância vital para o equilíbrio geoquímico do depósito.

ENSAIOS DE SEDIMENTAÇÃO

Tendo por objetivo estudar os efeitos do espessamento nas propriedades dos rejeitados, foram realizados alguns ensaios em colunas de sedimentação. Para estes ensaios utilizaram-se colunas de acrílico, onde se depositaram rejeitados com grau de espessamento variável, tal como mostra a Figura 3. Para que os resultados fossem comparáveis, cada coluna continha 1200 g de partículas sólidas de rejeitados, mudando apenas a quantidade de água, para que o teor de sólidos variasse entre 25 e 73%.

Na Figura 3a pode observar-se a totalidade das colunas de sedimentação, logo após a deposição dos rejeitados no seu interior. Na Figura 3b observa-se em pormenor as colunas cujo teor de sólidos era de 40, 35 e 30%, respetivamente. Nesta imagem é notória formação de uma camada de água “limpa” sobre os rejeitados em sedimentação.

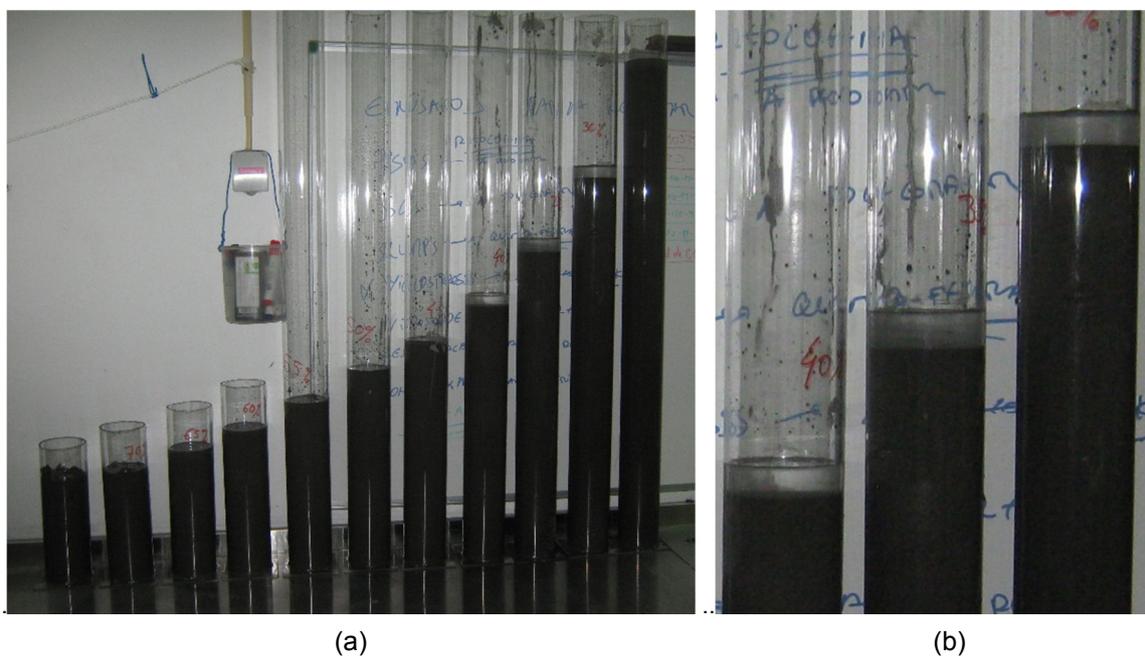


Fig. 3 - Colunas de sedimentação: a) vista geral; b) pormenor das colunas com 40, 35 e 30% de teor de sólidos.

Os assentamentos da superfície dos rejeitados foram medidos a intervalos regulares até ao final da sedimentação. No final do ensaio determinou-se o índice de vazios médio, através da altura final dos rejeitados no interior da coluna.

Na Figura 4 mostra-se a dependência entre o grau de espessamento, traduzido pelo teor de sólidos, e o índice de vazios no final da sedimentação. A figura evidencia a existência de uma forte correlação entre estes dois parâmetros. Quando maior o teor de sólidos no momento da deposição menor o índice de vazios médio na coluna. Este efeito tende a aumentar à medida que o grau de espessamento progride. Aumentando o espessamento de 25 para 55% o índice de vazios de formação decresce de 1,9 para 1,7. No outro extremo da escala, a pequena alteração do teor de sólidos de 70 para 73% leva a que o índice de vazios de formação decresça de 1,3 para 1,1.

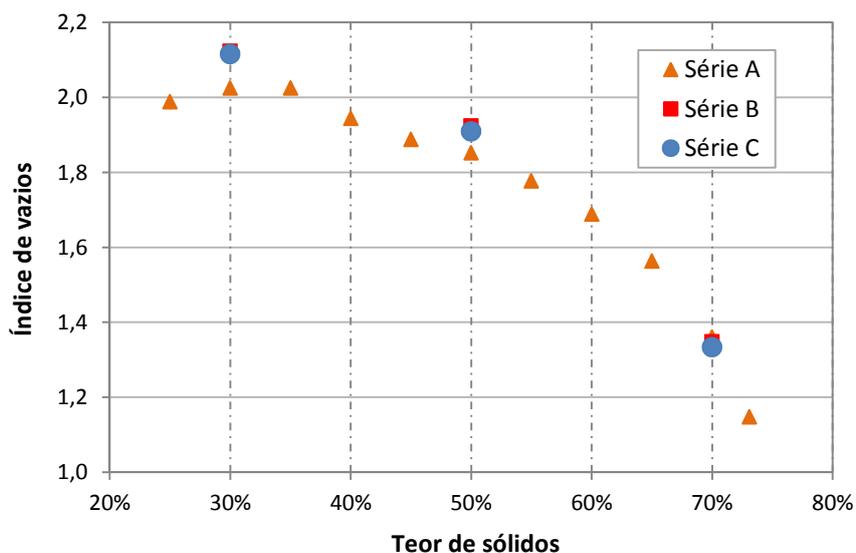


Fig. 4 - Índice de vazios médio no final da sedimentação.

ENSAIOS EDMÉTRICOS

A preparação das amostras para realização de ensaios edométricos obrigou à sedimentação prévia dos rejeitados. Essa sedimentação foi realizada a partir de misturas com diferentes teores de sólidos, de forma idêntica ao que foi apresentado no ponto anterior.

Terminada a sedimentação, procedeu-se à cravação dos anéis do edómetro, tal como ilustra a Fig. 5. Nesta figura nota-se que os rejeitados apresentavam uma consistência muito reduzida, dificultando as operações de preparação das amostras.



Fig. 5 - Cravação do anel do edómetro.

Na Fig. 6 apresentam-se as curvas de compressibilidade de três ensaios edométricos, correspondentes a teores de sólidos de 30, 50 e 70%. Nota-se desde logo uma grande diferença no que diz respeito ao índice de vazios inicial. De facto, embora a tensão efetiva inicial das três amostras tenha sido a mesma, o material mais espessado sedimenta de forma diferente, originando uma amostra mais compacta. Esta diferença na fase inicial traduz-se em diferenças ao longo dos vários escalões de carga. Mesmo para tensões elevadas, 1600 kPa, o índice de vazios das três amostras é diferente, mostrando como é importante o espessamento pré-deposição. Qualquer que seja o nível de tensão, os rejeitados espessados até teores de sólidos de 70% têm um índice de vazios cerca de 15% inferior aos rejeitados não espessados, representados pelas amostras com 30% de partículas sólidas. Verifica-se ainda pela análise da Fi. 6 que as diferenças são mais substanciais nos níveis de espessamento mais elevados: o comportamento dos rejeitados espessados a 50% aproxima-se mais dos rejeitados espessados a 30%. Essa diferença era expectável, já que durante a preparação do ensaios as duas amostras com menor espessamento tinham um comportamento próximo de um fluido, enquanto a amostra com 70% de partículas sólidas apresentava um comportamento semelhante a um gel.

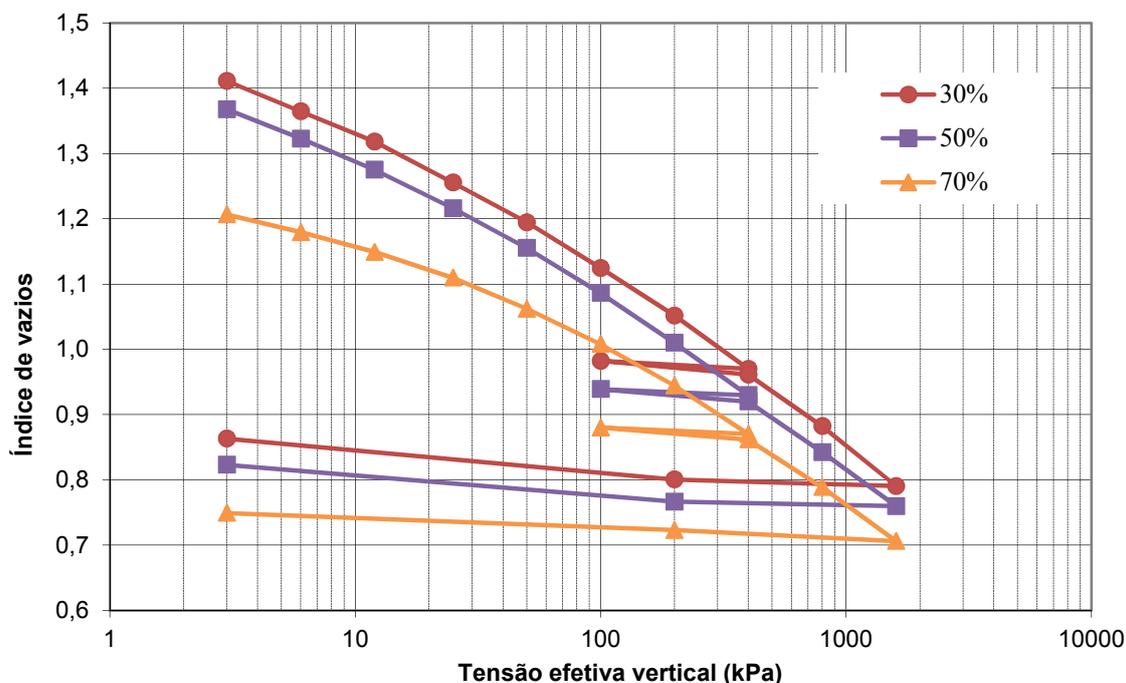


Fig. 6 - Curvas de compressibilidade função do grau de espessamento dos rejeitados.

CONCLUSÕES

Os resultados experimentais apresentados neste trabalho mostram alguns dos efeitos do espessamento no comportamento dos rejeitados.

As amostras de rejeitados recolhidas *in situ* permitem identificar claramente duas famílias de curvas granulométricas. Os rejeitados não espessados apresentam uma dispersão típica dos materiais depositados subaquaticamente, com níveis de segregação elevados. Contrariamente, as curvas granulométricas das várias amostras de rejeitados espessados formam uma banda estreita, evidenciando a inexistência de segregação.

O volume ocupado pelos rejeitados é um aspeto crucial em qualquer instalação de deposição. Neste âmbito, os ensaios de sedimentação mostraram claramente as vantagens do espessamento: à medida que aumenta o grau de espessamento, o volume ocupado pelos rejeitados após deposição torna-se sucessivamente menor. Os ensaios edométricos reforçaram a conclusão anterior, mostrando que os rejeitados espessados apresentam uma compacidade superior aos rejeitados não espessados, qualquer que seja a tensão vertical aplicada e, por conseguinte, qualquer que seja a espessura do depósito.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Instituto Politécnico de Viseu.

Este trabalho foi financiado por: Projeto POCI-01-0145-FEDER-007457 - CONSTRUCT - Instituto de I&D em Estruturas e Construções - financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), através do COMPETE2020 - Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (POCI).



REFERÊNCIAS

[1]-Blight, G. (2010). Geotechnical engineering for mine waste storage facilities. CRC Press, Leiden, The Netherlands.

[2]-Fourie, A.B. (2012). Perceived and realised benefits of paste and thickened tailings for surface deposition. 15th International Seminar on Paste and Thickened Tailings (Jewell, R.J., Fourie, A.B., Paterson, A., ed.), 16-19 April 2012, Sun City, South Africa, 53-64, Australian Centre for Geomechanics, Perth.

[3]-Jewell, R., Fourie, A. (2010). Paste 2010 - 13th International Seminar on Paste and Thickened Tailings, Toronto, Canada.

[4]-Jewell, R.J. (2010). The evolution of paste and thickened tailings. Australian Centre for Geomechanics Newsletter 35, p. 1-3.

[5]-Raposo, N., Bahia, R., Afonso, E., Topa Gomes, A. (2014). Optimization of thickened tailings deposition. 17th International Seminar on Paste and Thickened Tailings (Paste 2014) (Fourie, A.B., Jewell, R.J., Wells, P.S., Zyl, D., ed.), 8-12 June 2014, Vancouver, Canada, InfoMine.

[6]-Raposo, N.P. (2016). Deposição de rejeitados espessados. Caraterização experimental e modelação numérica. PhD Thesis, Universidade do Porto.

[7]-Slottee, J.S. (2014). Problems in designing a paste system. 17th International Seminar on Paste and Thickened Tailings (Paste 2014) (Fourie, A.B., Jewell, R.J., Wells, P.S., Zyl, D., ed.), 8-12 June 2014, Vancouver, Canada, 323-328, InfoMine.

ARTIGO REF: 6961

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE ESTACAS COM BASE EM ENSAIOS DE CARGA VERTICAIS E HORIZONTAIS ESTÁTICOS À ESCALA REAL

**António Cristóvão^{1(*)}, Francisco Ricardo Nicolas Kaidussis², Samuel João Antigue²,
Cláudio João Pinto², Rui Tomásio¹**

¹JetMOZ Geotecnia Lda, Maputo, Moçambique

²Rosond Moçambique Lda, Maputo, Moçambique

(*)*Email*: acristovao@jetsj.com

RESUMO

O recurso a estacas de betão armado como elementos de fundação indirecta tem sido amplamente utilizado em diversos tipos de obra, especialmente, quando se impõem requisitos de deformação muito exigentes. Nestes casos, os desafios de dimensionamento que se impõem em fase de projecto incidem, impreterivelmente, na necessidade de uma correcta previsão do comportamento dos elementos de fundação perante os carregamentos verticais e horizontais a que estes estarão submetidos durante a fase de exploração da obra.

O presente caso reporta ao estudo realizado no âmbito da construção da Nova Central Gás de Maputo, localizada no Bairro de Infulene.

A magnitude dos carregamentos impostos pelas estruturas a construir, associada à necessidade em se obterem deformações reduzidas e comportáveis com as exigências estruturais, ditou que a solução de fundação recaísse na utilização de estacas de betão armado. O seu dimensionamento baseou-se na avaliação do comportamento das estacas aos estados limites últimos e estados limites de serviço, recorrendo-se a formulações semi-empíricas e a cálculos numéricos baseados no método dos elementos finitos.

Paralelamente, procedeu-se ainda à realização de ensaios de carga estáticos à escala real na zona da obra, aferindo-se sobre o real comportamento das estacas perante a imposição dos carregamentos verticais e horizontais que simulam as condições de exploração das estruturas projectadas (Figura 1).



Fig. 1 - Ensaio de carga vertical estático à escala real.

Os resultados das deformações de carácter imediato e a análise do comportamento de fluência das estacas ensaiadas permitiram confirmar a adequabilidade desta solução ao cenário geológico e geotécnico da obra (Figura 2).

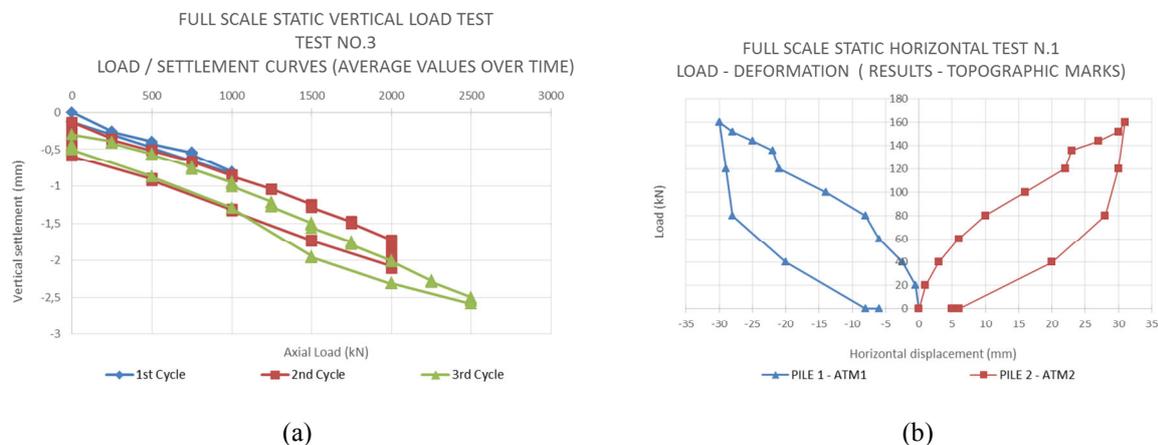


Fig. 2 - Exemplo de resultados de ensaio de carga vertical (a) e horizontal (b)

O presente artigo tem como objectivo descrever os critérios de dimensionamento adoptados nas fundações a Nova Central Gás de Maputo, conferindo especial relevância aos resultados dos ensaios de carga vertical e horizontal estáticos realizados em ambiente de obra. Procedese à comparação dos resultados dos ensaios de carga à escala real com os obtidos através de cálculo numérico, destacando-se as principais diferenças obtidas.

Demonstra-se ainda a importância em se proceder à simulação numérica dos efeitos de instalação das estacas no terreno, tomando em consideração os fenómenos de interacção solo-estaca [A. Krasinski, 2013].

REFERÊNCIAS

- [1]-ASTM International. Standard Test Method for Piles under Static Axial Compressive Load. Designation D1143-81(Reapproved 1995). West Conshohoken, PA, USA.
- [2]-ASTM International. Standard Test Method for Piles under Lateral Loads. Designation D3966-90 (Reapproved 1995). West Conshohoken, PA, USA.
- [3]-Kraśiński, A. Numerical simulation of screw pile interaction with non-cohesive soil. Archive of Civil and Mechanical Engineering (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.acme.2013.05.010>.
- [4]-Larisch, M.D. Behaviour of stiff, fine-grained soil during the installation of screw auger displacement piles (2014). PhD thesis, The University of Queensland, Brisbane.
- [5]-Lundberg, B., Dijkstra J. & A.F. van Tol. Displacement pile installation effects in sand. Installation Effects in Geotechnical Engineering (2013). Hicks et al.1 (eds) © 2013 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-1-138-00041-4.

ARTIGO REF: 7033

ANÁLISE EM FUNDAÇÃO POR ESTACA HELICOIDAL EM SOLO REFORÇADO COM GEOSSINTÉTICOS

Charles Pereira Chaves^(*), José Victor Pitter de Lima Fonseca, Fagner Alexandre Nunes de França

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Depart. de Pós Graduação em Eng. Civil,
PEC - Natal, Brasil

^(*)Email: charles.pchaves@gmail.com

RESUMO

O sistema de fundação por estacas helicoidais consiste em estruturas metálicas inseridas no solo por meio de rotação ao longo do seu eixo longitudinal, com desempenho satisfatório quando solicitadas à compressão, assim como à tração. Bastante utilizada em linhas de transmissão, torres telefônicas, ou qualquer outra estrutura que solicite à fundação, tanto no esforço à tração, quanto à compressão. Todavia, existem situações que limitam o comprimento da ancoragem, ocorrências do solo local com baixa capacidade de suporte, na qual seria necessário atingir elevadas profundidades para uma ancoragem, que atenda as condições técnicas de capacidade de carga, como também, na presença de matacões os quais limitariam o comprimento de ancoragem, ambas situações tornariam a execução difícil e bastante onerosa. Diante do exposto, a presente pesquisa buscou avaliar a capacidade de carga desse tipo de fundação em um solo arenoso com a utilização de um reforço geossintético do tipo geogrelha, envelopado com brita, comparando um ensaio de prova de carga à tração sem a utilização do reforço e, em seguida, com o reforço. Tal metodologia foi realizada através de um protótipo desenvolvido por Chaves (2016) em escala reduzida (1:3) na condição rasa.

A figura 1 apresenta a comparação entre as curvas carga-deslocamento obtidas apartir dos ensaios realizados de prova de carga à tração. Pelo fato de não observar-se uma ruptura nítida, foi utilizado os métodos de Davison (1972) e da NBR 6122/2010 para se obter uma estimativa da carga última teórica e, em seguida, avaliar os resultados obtidos dos ensaios.

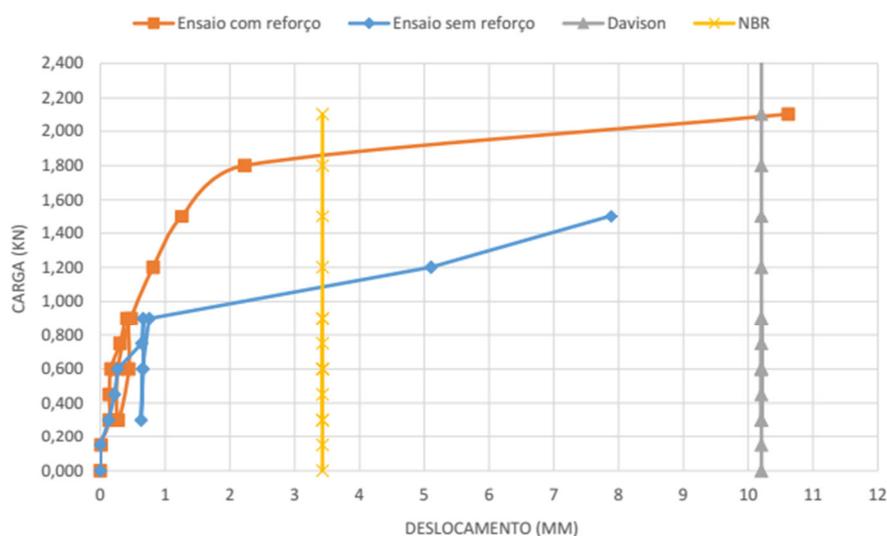


Fig. 1 - Comparação dos resultados das curvas de provas de carga com reforço envelopado e sem reforço.

Comparando as duas curvas obtidas, percebe-se que nos carregamentos iniciais, entre 0,15 kN e 0,90 kN, ambas as situações apresentam desempenho semelhantes, um indício de que a carga aplicada é insuficiente para mobilizar as tensões na geogrelha. Com o aumento da carga, constata-se uma diferença notória nos deslocamentos, um aumento da eficiência da ancoragem com a utilização do reforço, por exemplo, para uma carga atuante de 1,20 kN, o deslocamento observado na estaca foi de 5,10 mm na situação sem reforço, já com reforço, o deslocamento foi de 0,80 mm, representando uma diminuição de 84,3% de um ensaio para o outro.

REFERÊNCIAS

[1]-Chaves, Charles Pereira (2016). Desenvolvimento de modelos físicos reduzidos para avaliação de fundações por estacas helicoidais em solos reforçados com geossintético; 124 pp. Dissertação de (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal, 2016.

[2]-Fonseca, José Victor Pitter de Lima. (2016). Análise de fundação em estaca helicoidal em solo reforçado com geossintético. 22 pp. Trabalho de conclusão de curso (TCC)-(Graduação), Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal, 2016.

PROCEEDINGS

CLME2017 / V CEM

8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia
V Congresso de Engenharia de Moçambique
Maputo (Moçambique), 4-8 Setembro 2017

SIMPÓSIO-1

Inovação no Ensino de Engenharia

Coordenadores

J. F. Silva Gomes^(*), Catarina F. Castro^(*), Carlos C. António^(*), Clito F. Afonso^(*)
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Porto, Portugal

^(*)Editores Associados para os artigos deste Simpósio

ARTIGO REF: 6482

DESAFIOS DO ENSINO POLITÉCNICO EM MOÇAMBIQUE: REFLEXÕES SOBRE OS DEZ ANOS DO INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE TETE (ISPT)

Romualdo José Romão Brito^(*), Mendes Cardoso Cândido, David Selemane José

Instituto Superior Politécnico de Tete - Tete, Moçambique

^(*)*Email: rbrito@ispt.ac.mz*

RESUMO

As recentes descobertas de jazigos minerais em Moçambique criaram um potencial para a abertura duma instituição para formar engenheiros de minas, engenheiros de processamento mineral e outros especialistas capazes de dinamizar a extração destes recursos de forma responsável e sustentável. O Instituto Superior Politécnico de Tete (ISPT) vem desde 2006 formando quadros para o sector mineiro. O ISPT ministra também outras áreas de conhecimento como é o caso de contabilidade e auditoria, engenharia informática e administração pública. De acordo com seu plano estratégico, o instituto prevê a abertura dos cursos de engenharia civil e engenharia mecânica nos próximos cinco anos.

O ISPT foi criado em 2005, através do Decreto do Conselho de Ministros nº 32/2005, de 23 de Agosto, como uma instituição de ensino superior, dotada de personalidade jurídica e gozando de autonomia científica, pedagógica e administrativa com sede oficial na Cidade de Tete, Província de Tete. O surgimento do ISPT visa “promover o desenvolvimento económico e social das comunidades locais, da região e do país no geral, através do ensino técnico-profissional, da educação orientada para a economia, da incubação de empresas, assim como da prestação de serviços profissionais”.

O presente trabalho traz o historial do ISPT fazendo uma reflexão sobre a visão politécnica, os passos que vem sendo dados pela instituição e recomendações para o desenvolvimento académico da mesma. Este trabalho destaca o curso de engenharia de minas do ISPT como caso de estudo. Neste trabalho são apresentados os desafios e as implicações da criação dum curso desta natureza. Este trabalho foi elaborado com recurso a documentos oficiais, revisão da literatura existente e experiência pessoal dos autores.

INTRODUÇÃO

O ensino superior em Moçambique é recente, visto que a primeira universidade criada no período colonial data de 1962. O surgimento do ensino superior em Moçambique deveu-se a ideia de formar filhos e filhas dos colonos residentes na província ultramarina de Moçambique (Langa 2006, 2010). O ensino superior passou por diferentes fases, visto que a conjuntura sócio-política assim o obrigou. Depois da independência, a universidade passa a ser uma instituição de acesso a todas as camadas sociais, visto que o regime socialista adoptado na época priorizou a educação das massas sem discriminação de raça, género nem estatuto social. Com a dinâmica social, de pouco mais de cinco instituições de ensino superior

na década 90, em 2013, o país passa contar com quarenta e seis instituições entre públicas e privadas, o que vem impulsionando a competitividade pela qualidade de serviços prestados, com a possibilidade do público ter mais opções de escolha dos cursos do seu interesse.

A adopção da Constituição de 1990 torna Moçambique um país democrático e pluripartidário, facto que impulsionou o fim da guerra civil de 16 anos no ano de 1992. Neste período que foi caracterizado pela pluralismo político e a liberalização da economia, que por sua vez, veio abrir espaço para o surgimento de outras Instituições de Ensino Superior (IES) para além da Universidade Eduardo Mondlane e a Universidade Pedagógica.

O sector do Ensino Superior público e privado é regido, entre outros diplomas legais, pela Lei nº 27/2009, de 29 de Setembro apresenta a seguinte definição:

“As Instituições de ensino superior são pessoas colectivas de direito público ou privado, com personalidade jurídica, que gozam de autonomia científica, pedagógica, administrativa, disciplinar, financeira e patrimonial, e se classificam consoante a sua missão ou tipo de propriedade e financiamento” (Art. 13 nº 1).

Este diploma estabelece em linhas gerais os princípios que devem nortear a actuação duma IES, nomeadamente: a democracia e respeito dos direitos humanos, a igualdade e não discriminação, a valorização dos ideais da Pátria, ciência e humanidade, a liberdade de criação cultural, artística, científica e tecnológica, a participação no desenvolvimento económico, científico, social e cultural do país, da região e do mundo e a autonomia das instituições do ensino superior.

A lei 27/2009, conhecida também como Lei do Ensino Superior, define os Institutos Superiores Politécnicos como *“instituições de ensino superior filiadas ou não a uma universidade, que oferecem estudos gerais ou uma formação profissional e que estão autorizadas a conferir certificados e todos os graus académicos, excluindo o de Doutor, reservando-se a atribuição de graus de pós-graduação aos institutos politécnicos filiados. (Art.14 nº 1).* Assim sendo o ISPT, orienta-se pelos princípios e objectivos gerais conforme preconizado na Lei do Ensino Superior.

As recentes descobertas de jazigos minerais no país criaram um potencial para a abertura duma instituição que fosse eficiente na formação de engenheiros de minas, engenheiros de processamento mineral e outros especialistas capazes de dinamizar a extracção destes recursos em parceria com as empresas mineiras. O ISPT vem desde 2006 formando quadros para o sector mineiro, porém a necessidade de apoiar outras áreas de conhecimento levaram a que esta instituição abrisse mais cursos, como é o caso de contabilidade, auditoria, engenharia informática, administração pública.

O presente trabalho visa trazer um historial do ISPT, bem como fazer uma reflexão sobre a visão politécnica, os passos que vem sendo dados por esta instituição e sugerir alguns passos para o desenvolvimento académico da mesma. Para tal, este trabalho foi elaborado com recurso a documentos oficiais, revisão da literatura existente, e experiência pessoal do autor que é um dos docentes da mesma.

CONTEXTO DO SURGIMENTO DO ISPT

O recente *boom* pelo carvão no contexto mundial veio impulsionar o investimento estrangeiro em projectos na província de Tete. O governo moçambicano ciente que é preciso criar recursos humanos iniciou o projecto de criação de politécnicos que produzem engenheiros com alinhamento virado para a indústria e agricultura. Diferente do ensino de engenharia tradicional, o ensino politécnico é centrado em competências (Knottenbelt, 2007).

O ISPT foi criado em 2005, através do Decreto do Conselho de Ministros nº 32/2005, de 23 de Agosto, como uma instituição de ensino superior, dotada de personalidade jurídica gozando de autonomia científica, pedagógica e administrativa com sede oficial na Cidade de Tete, Província de Tete.

O ISPT e outros dois politécnicos, o Instituto Superior Politécnico de Gaza (ISPG) e o Instituto Superior Politécnico de Manica (ISPM) são criados com o propósito de servir de modelo de ensino baseado em competências e voltados para atender ao sector mineiro e ao sector agrícola.

Um paralelismo histórico pode ser feito entre ISPT e a Escola de Minas de Kimberley na África do Sul criado em 1896. Nesse ano, foi criada a Escola de Minas de Kimberley para formar mão de obra sul africana capaz de fazer face ao desenvolvimento mineiro, particularmente, a mineração do diamante (Lurie, 2000). Esta escola foi criada para proporcionar mão de obra com competência e conhecimento capazes de operar as minas eficientemente. Em vez de se importar mão de obra estrangeira, esta escola veio se impor como uma provedora de mão de obra sul africana. O surgimento do ISPT apresenta um contexto similar, visto que Tete é uma província rica em jazigos minerais, particularmente o carvão, e por outro lado, a quando da implantação de megaprojectos no sector o país ressentia-se da falta de mão de obra especializada como engenheiros de minas e engenheiros de processamento mineral, por esta razão tornou-se imperiosa a criação duma instituição de ensino superior com um ensino vocacional virada para a mineração.

A rápida expansão do sector mineiro e o interesse do governo local de Tete em quadros especializados em outras áreas de conhecimento levou a que o ISPT criasse outros cursos, como contabilidade e auditoria e engenharia informática nos 2009 a 2011. No contexto do seu surgimento o ISPT tinha como missão *“promover o desenvolvimento económico e social das comunidades locais, da região e do país no geral, através do ensino técnico-profissional, da educação orientada para a economia, da incubação de empresas, assim como da prestação de serviços profissionais”* (ISPT, 2013).

Vale salientar que há exemplos de universidades sul africanas que nasceram com cursos somente virados para a mineração devido a descoberta de ouro em Johannesburg nos anos 20 como por exemplo, a Universidade de Witwatersrand, a Universidade de Pretória, a Universidade de Johannerburg (Knottenbelt, 2007). Estas universidades naturalmente mantiveram os seus cursos relativos a engenharia de minas, e ao mesmo tempo fizeram uma expansão em termos de níveis e disciplinas que cobrem um vasto espectro de actividades educativas - Engenharias, Ciências, Humanas, Medicina, Negócios e Comércio, Línguas e História. Este paralelo, pode ser visto no ângulo do ISPT que devido a sua localização geográfica, o processo do desenvolvimento económico e outros factores pode-se transformar numa universidade num horizonte de 10 a 15 anos.

VISÃO POLITÉCNICA E O PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM

A província de Tete foi selecionada pelo governo moçambicano dada a existência do seu grande potencial na indústria mineira do carvão para ser o local onde estaria instalada um politécnico voltado para estudos avançados de engenharia de minas e geologia. Vale salientar que, o desenvolvimento sustentável só pode ser efectivamente implementado com a utilização da mão de obra nacional devidamente educada e competente.

Em Março de 2006 o Instituto Superior Politécnico de Tete abre as suas portas com o primeiro grupo de 40 futuros engenheiros para serem preparados para o desenvolvimento da indústria mineira no país. O segundo grupo de pelo menos 35 rapazes e raparigas entram para o mesmo curso. A primeira graduação destes jovens ocorreu em 2011. Hoje, o curso de engenharia de minas conta com cerca de 300 estudantes.

De acordo com Knottenbelt (2007), o ISPT na sua fase de criação teve uma forte colaboração da Universidade de Johannesburgo com o apoio do Banco Mundial, Nuffic e a Universidade de Larenstein da Holanda entre outros parceiros. A parceria com a Universidade de Johannesburgo foi primordial no desenvolvimento curricular e corpo docente. O processo de candidatura a docentes do curso de engenharia de minas iniciou em 2004. O número total era de 14 candidatos na sua maioria geólogos, visto que ser o curso que está mais relacionado com a engenharia de minas. Destes somente dois não seguiram com o processo que teve lugar na África do Sul. Após intenso treinamento em Moçambique e na África do Sul somente 4 dos candidatos começaram com os trabalhos em Janeiro de 2006 (Knottenbelt, 2007). No ano seguinte, o ISPT recebe a colaboração de um engenheiro de minas de origem congoleza que muito contributo dá no processo de ensino implantado no ISPT.

O quadro técnico-administrativo que posteriormente é contratado na província de Tete, vem dar suporte a estes primeiros docentes garantindo a sustentabilidade do instituto. O número de docentes foi crescendo para 21 em 2008 e, em 2010, já atingia o número de 38, isto devido a entrada de novos cursos e a contratação dos recém licenciados do curso de engenharia de minas (ISPT, 2013). O ISPT tem um programa de desenvolvimento institucional que prioriza a formação destes. Um grupo está sendo formado em regime semi-presencial com a colaboração do Instituto Tecnológico da Vale (ITV). Esta formação visa dotar o curso de engenharia de minas de docentes com o nível de mestrado. O ISPT tem em formação 3 docentes para o nível de doutoramento em engenharia de minas no Brasil e África do Sul. O ISPT vem desenvolvendo uma política de formação para uma auto-suficiência de docentes através da formação no exterior e internamente com a colaboração de várias instituições congêneres. Desafios também enfrenta na área de investigação, existindo apenas um investigador estagiário num dos centros de pesquisa (ISPT, 2013).

O modelo curricular do ISPT é o ensino baseado em competências profissionais, que integra habilidades, atitudes e conhecimentos úteis para a realização duma tarefa específica, num determinado contexto. Cabe ao estudante a ser responsável por sua formação e ao docente o papel de mentor, facilitador do processo de aprendizagem. O ensino baseado em competências, tem o fulcro no estudante, e este é considerado individualmente e deve ser tratado consoante as suas próprias características, dificuldades e necessidades específicas.

A aprendizagem independente constitui o ponto central da formação, pois desenvolve a competência de aprender ao longo da vida. O docente joga um papel fundamental pois facilita

e orienta o estudante através da definição de tarefas, projectos e problemas que obrigam o estudante a investigar e buscar respostas.

A definição dos planos de estudos orientados para o *saber fazer* devem ser desenvolvidos com a estreita colaboração da indústria e áreas afins pois estes sectores que irão absorver estes estudantes após a sua formação.

O ensino politécnico difere do ensino universitário tradicional pois este forma mão de obra pronta a trabalhar. Esta visão é muito contestada pelos defensores do ensino tradicional (Knottenbelt, 2007). Na opinião do autores do presente artigo, os dois modelos podem ser aplicados numa mesma instituição como é o caso do ISPT, porém a educação politécnica mostra-se muito útil para os países em desenvolvimento como é caso de Moçambique que precisa de quadros que possam em tempo útil desenvolver a indústria e a economia no geral.

O ensino politécnico serve a comunidade e desenvolve a comunidade. O politécnico deve estar preparado e alinhado com os programas de redução da pobreza em Tete em particular, e em Moçambique em geral. A presença das empresas mineiras em Tete deve servir de ponte para o desenvolvimento sócio-económico do país. Deve-se priorizar a educação e para que esta seja de qualidade é que a indústria mineira colabore na diversificação dos cursos e dotar, através dos politécnicos, a comunidade com profissões que possam manter o país rumo ao desenvolvimento sustentável. O que se produz com a mineração do carvão deve ser revertido através dos seus programas de responsabilidade social em resultados que a comunidade hoje e no futuro se beneficie.

Dez anos depois, o ISPT deverá focar a sua visão futurista e desenvolver-se rapidamente rumo a diversificação dos cursos. Knottenbelt (2007) sugere que o ISPT siga a seguinte ordem na implantação de outros cursos:

- Minas e programas de ensino associados;
- Cursos de Engenharia - eléctrica, mecânica, civil, etc;
- Saúde;
- Comércio e Direito;
- Ciências sociais.

Vale notar que universidades sul africanas levaram um século para estabelecerem estes cursos. O ISPT tem o desafio de em pelo menos 15 anos avançar com a implantação destes cursos. Isto pode levantar a questão: O ISPT não vai se transformar numa universidade tradicional? Muitos podem visualizar isso como uma progressão natural (Knottenbelt,2007). Desafio que passa necessariamente pela criação de condições de trabalho académico digno. O ISPT deve já estar preparado para os novos desafios que se apresentam e para tal é necessário que continue o seu processo de formação dos seus quadros, apetrechamento das instalações existentes, construção de infraestruturas, dotar os centros de pesquisas de condições para a realização de pesquisas, criação de cultura de trabalho no seio dos docentes, discentes e corpo técnico-administrativo, entre outros aspectos.

O ENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA NOS CURSOS POLITÉCNICOS

O ensino politécnico só é possível se houver uma estreita ligação entre os programas do politécnico com o sector industrial. Caso isso não aconteça poderá-se verificar um colapso deste sistema de ensino. A indústria deve olhar para um politécnico como sendo um centro de treinamento dos seus quadros. O Estado vem desenvolvendo o ensino vocacional, mas este tipo de ensino tem custo avultados e esta conta não só pode ser arcada uma parte, a indústria deve tomar o seu papel.

O Estado deve incentivar as empresas a contribuir no processo de ensino-aprendizagem dos politécnicos incentivando estas a investirem com laboratórios, equipamentos, *softwares*, facilitação de estágios e outros apoios. Os laboratórios e os equipamentos podem ser utilizados com propósito académico e consultoria.

O Estado deveria, através de incentivos fiscais e redução de taxas, promover o envolvimento da indústria na doação de laboratórios e equipamentos de que tanta falta faz para a formação académica dos estudantes.

O autor pode observar que na África do Sul, existem forte parceria entre as IESs e a indústria e este exemplo é aplicável para a situação do ensino em Moçambique. A indústria tem a obrigação moral de facilitar estágios académicos, incentivar trabalhos de consultorias com o politécnico, apoiar financeiramente o incremento dos salários dos quadros do politécnico, premiações pelo desempenho tanto de docente como discentes entre outros incentivos.

A indústria deve estar integrada no processo de formação do estudantes apoiando e participando no desenvolvimento curricular, selecção e gestão académica através de bolsas de estudos, medição dos padrões e perfis dos engenheiros e outros licenciados formados pelo ISPT, etc.

DESAFIOS DE FINANCIAMENTO AO ENSINO POLITÉCNICO

O ISPT não pode somente sobreviver de financiamento do orçamento do Estado, deve se preparar para diversificar a fonte através de programas de desenvolvimentos de cursos de curta duração voltados para a indústria, programas de investigação técnico-científica, aproveitamento das instalações em períodos de férias escolares, uso dos equipamentos e laboratórios para consultorias, criação de rede de amigos do ISPT, receber e pedir donativos a indústria seja em dinheiro e artigos, entre outros.

Para o ISPT ser uma marca reconhecida, torna-se importante o estabelecimento de parcerias fortes e o estabelecimento de um relacionamento harmonioso com a indústria, governo, patrocinadores nacionais e internacionais assim parceria com outras instituições locais, provinciais, regionais e internacionais. Estas parcerias só são possíveis com uma estreita ligação entre corpo directivo, docentes, estudantes e corpo técnico-administrativo ao nível interno e um conhecimento claro por parte destes da missão, visão e valores do ISPT.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino politécnico requer por parte dos docentes, funcionários, discentes e público o seu envolvimento no desenvolvimento sustentável do país e isso é possível com o envolvimento de todos na formação académica dos recursos humanos do amanhã. Para que este desenvolvimento seja possível um politécnico deve focar em:

- Formar consoante as necessidades da indústria;
- Promover a formação do quadro docente;
- Promover a formação do corpo técnico administrativo
- Identificar as habilidades e competências que devem nortear a carreira do graduado;
- Combate cerrado de todo tipo de corrupção, fraude académica, assédio e discriminação;
- Promoção do reconhecimento da marca ISPT;
- Correcta aplicação de normas, leis e regulamentos académicos;
- Informatização de todos processos académicos;
- Produzir graduados prontos para o trabalho mas que conheçam as suas limitações;
- Focar na carreira profissional e criar cultura de trabalhos no seio dos estudantes;
- Implementar os órgãos directivos que ainda não estão a funcionar;
- Promover e incentivar as carreiras profissionais;
- Identificar os mecanismos de financiamento com o envolvidos de toda comunidade académica;
- Produzir graduados que tenham habilidades em se adaptar as novas tecnologias e sejam apaixonados com a sua carreira profissional;
- Promover o desenvolvimento comunitário.

O crescimento do ISPT sempre estará ancorado ao desenvolvimento do sector mineiro em Tete, porém isso não deverá servir de limitante mas sim duma alavanca para o desenvolvimento e diversificação da economia. O ISPT deve servir a comunidade e isso só é possível se esta instituição pautar pelo respeito a liberdade e democracia no seu dia a dia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro concedido pelo Instituto Superior Politécnico de Tete para a realização deste presente artigo.

REFERÊNCIAS

- [1]-ISPT (2013). Plano Estratégico do Instituto Superior Politécnico de Tete 2013-2021, Tete.
- [2]-Knottenbelt, P. (2007) Developing Mining Engineers for African Countries - The Mozambican Case Study, ICEE, Coimbra, Portugal.
- [3]-Langa, P. (2006) “The constitution of the field of higher education institutions in Mozambique”. Unpublished Master’s Dissertation. Cape Town, University of Cape Town.
- [4]-Langa, P. V. (2010a) “Poverty Fighters in Academia: The subversion of the notion of socially engaged science in Mozambican higher education.” in: M. Burawoy, M. Chang & F. Hsieh (eds) Facing an Unequal World: Challenges for a Global Sociology. Taipei, Academia Sinica. vol. 1, 245 -467.
- [5]-Lurie, J, Prof. (2000) Technikon Witwatersrand - A History 1925-2000. South Africa.
- [6]-Ministério da Educação - DICES (2012). Colectânea de Legislação do Ensino Superior. Maputo.

ARTIGO REF: 6652

PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE REDES E COMUNICAÇÕES: UMA EXPERIÊNCIA DE COOPERAÇÃO

Fernando Mira da Silva^{1(*)}, Elton Sixpence²

¹IST, Instituto Superior Técnico/Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

²ISUTC, Instituto Superior de Transportes e Comunicações, Maputo, Moçambique

(*)*Email*: fernando.silva@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

O MERSC é um Mestrado do ISUTC resultante de uma oferta formativa combinada do ISUTC (Maputo), e do IST (Lisboa), e realizado sob a coordenação científica do IST. Neste artigo apresenta-se a motivação para a realização deste curso, detalha-se a estrutura e modelo de funcionamento do curso, apresentam-se os resultados das edições já realizadas e discute-se os problemas e potencialidades do modelo formativo adotado.

A rápida evolução tecnológica e crescente tendência de automatização de empregos intermédios que se tem observado nos últimos anos tem vindo a colocar em primeiro plano a discussão sobre os efeitos da tecnologia na estrutura da força de trabalho e na economia [Brynjolfsson, 2014]. A uma escala global, tem-se verificado que este desenvolvimento tecnológico se traduz por uma procura acrescida de mão de obra qualificada na área das ciências e engenharia [Katsomitros, 2013]. Como referência, na China e na Índia a percentagem de diplomados nestas áreas relativamente ao total de graduados atinge os 41% e 26%, número que se reduz para 22% no Reino Unido e 13% nos Estados Unidos [Katsomitros, 2013]. Estes indicadores demonstram que os países com taxas de desenvolvimento mais elevado dedicam hoje um esforço considerável na educação ao nível universitário e pós-graduado na área das ciências exatas.

África tem vindo a conhecer, globalmente, um crescimento económico significativo durante a última década, cuja tendência, apesar da forte desaceleração provocada pela crise financeira, tem-se mantido num sentido globalmente positivo. Moçambique tem acompanhado esta tendência, com crescimentos anuais do PIB situado entre os 6% e 9% durante a maior parte da última década, apesar do abrandamento conjuntural observado nos últimos trimestres. A manutenção destes ritmos de crescimento pode, no entanto, ser colocados em causa pelo défice de formação superior [Bezy, 2016]. Este problema, bem conhecido em Moçambique, tem sido combatido com um rápido crescimento da oferta educativa a nível superior. Um estudo patrocinado pela UNESCO [UNESCO, 2015] mostra que o número de inscritos em programas de graduação ou pós-graduação Moçambique tem tido uma evolução notável. Partindo de valores quase negligenciáveis nos anos 80, passou de cerca de 17,000 inscritos em 2003 para cerca de 128,000 em 2013. Segundo a mesma fonte, cerca de 9% destes estudantes estão colocados nas áreas da Engenharia ou afins.

Apesar deste forte crescimento, a oferta de formação superior a nível de Mestrado e Doutoramento na área da Engenharia é ainda limitada. O baixo número de Doutorados e o défice de massa crítica para o desenvolvimento de Investigação Científica nas Instituições de Ensino Superior tem amplificado este problema. De forma a colmatar parcialmente a deficiência de oferta pós-graduada na área de Redes de Dados e Telecomunicações, o Instituto Superior de Transportes e Comunicações (ISUTC) e o Instituto Superior Técnico (IST)

estabeleceram uma pareceria em 2009 para a realização de um curso de Mestrado em Engenharia de Redes e Sistemas de Comunicação (MERSC) [ISUTC, 2016]. Cada edição é constituída por uma componente curricular, desenvolvida durante o primeiro ano do curso, complementado pelo desenvolvimento de uma tese, durante o segundo ano.

A componente curricular, ministrada *in-site* em Maputo, é constituída por módulos independentes, dos quais 8, são ministrados em modo intensivo no ISUTC por docentes do IST. Estes módulos cobrem os tópicos de Engenharia de Software, Redes IP, Sistemas de Telecomunicações, Redes de Telecomunicações, Aplicações e Serviços de Internet, Bases de Dados, Segurança de Redes e Comunicações Móveis. Cada módulo compreende uma componente teórica e uma forte componente prática, desenvolvida em laboratório ou em ambiente de simulação, de forma a complementar de forma sólida a componente teórica. Tipicamente, a carga horária é de 50% para a componente teórica e 50% para a componente prática.

A componente de tese, realizada durante o segundo ano do curso, corresponde à realização de um projeto, sob a supervisão de um Professor do IST e um supervisor local. Embora o desenvolvimento e a realização da tese decorram em Maputo, cada aluno é acompanhado de perto pelo supervisor do IST através de reuniões semanais ou quinzenais por videoconferência, complementados por troca de documentação e informação por correio eletrónico. Como parte integrante deste acompanhamento, cada aluno inscrito no segundo ano do curso efetua uma deslocação de uma ou duas semanas ao IST, em Lisboa, tipicamente a meio do período de desenvolvimento da dissertação, para troca de experiências e discussão presencial de questões teóricas, arquiteturas e práticas de execução da tese. A defesa final da tese decorre igualmente em Lisboa, numa segunda deslocação do candidato, perante um júri constituído por Professores do IST e, sempre que possível, um representante do ISUTC.

O MERSC teve até agora 3 edições, com início em 2009, 2011 e 2013, respetivamente. A atual crise não permitiu, até agora, o início de uma nova edição do curso, apesar do mesmo continuar a fazer parte da oferta formativa do ISUTC.

Tipicamente, cada edição do MERSC é acompanhada por 25 a 30 alunos, com uma taxa de sucesso de cerca de 90% na componente curricular, com cerca de 15% a 20% dos estudantes a completar a componente de tese.

REFERÊNCIAS

- [1]-Brynjolfsson, E e McAfee A, The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies, W. W. Norton & Company, 2014.
- [2]-Katsomitros, A, The global race for STEM skills, Observatory on Borderless Higher Education, janeiro de 2013.
- [3]-Bezy, M, Africa's Tertiary Education Deficit is Threatening its Economic Development, maio de 2016, <http://brel54.blogspot.pt/2016/05/africas-tertiary-education-deficit-is.html> (acedido em dezembro de 2016).
- [4]-UNESCO, Global Education Digest and Regional Education Survey, 2015, <https://knoema.com/UNESCOGED2015/unesco-global-education-digest-and-regional-education-survey-2015> (acedido em dezembro de 2016).
- [5]-ISUTC, Mestrado em Engenharia de Redes e Sistemas de Comunicação, 2016, http://www.transcom.co.mz/isutc/wp-content/uploads/2015/11/MERSC4_2015_FIN_02.pdf, (acedido em dezembro de 2016).

ARTIGO REF: 6728

ENGINEERING EDUCATION EFFORTS TO SUPPORT INDUSTRY 4.0

Paulo Leitão^(*)

Instituto Politécnico de Bragança, Departamento de Eletrotécnica, Bragança, Portugal

^(*)*Email*: pleitao@ipb.pt

ABSTRACT

Industry 4.0 [Kagermann et al., 2013] is a German initiative aiming to promote the digitization of manufacturing towards the smart factories of the future, and seen worldwide as the fourth industrial revolution. The first industrial revolution was related to the introduction of mechanical production equipment driven by water and steam power, the second one based on industrial organization (i.e. mass production) and the use of electrical energy, and the third one based on the introduction of electronics and IT to automate the production and machinery. Similarly to the third industrial revolution, the fourth one relates mainly to apply ICT technologies, essentially based on the use of Cyber-Physical Systems (CPS).

CPS [Leitão et al., 2016] are distributed smart systems, with cyber and physical counterparts networked to form a large system. These distributed and intelligent entities are able to sense, reason and act, being the overall system behaviour emerged from the interaction among them. CPS involve a multidisciplinary area with electronics, mechanics, computer science and networks playing an important role. Indeed, as stated by the McKinsey report [Bauer, 2015], the complete digitization of the manufacturing sector will require the use of several disruptive technologies, namely Big data, Internet of things (IoT) and cloud computing to support the data computational power and connectivity, advanced data analysis algorithms for the analytics and intelligence, augmented reality for the human-machine interfaces, and additive manufacturing and advanced robotics for the digital-to-physical conversion.

The success of Industry 4.0 strongly depends on the skills and competences that engineers can have in the different dimensions of this multidisciplinary vision. Note that many jobs that are now crucial to implement this vision, such as Big data analyst and cloud services specialist, didn't exist 10 years ago. This leads to several pertinent questions, namely, are they prepared with the required knowledge and skills to respond to challenges and expectations of industry when implementing the Industry 4.0 vision, how do they acquire their multidisciplinary knowledge and skills, and lastly, can the current education system, e.g. universities and vocational training centres, meet this challenge.

Having this in mind, the new generation of engineers in this area needs to integrate multidisciplinary and cross-domain knowledge, focusing more on understanding the system of systems perspective than being an expert on a deeply topic domain of knowledge. In particular, and as previously referred, new engineers, working in Industry 4.0 field, have to cope with new paradigms and concepts (e.g., modelling, simulation, semantics, interoperability and self-organization) and emergent technologies (e.g., IoT, Big data and advanced data analytics). Additionally, in the CPS context, the engineers are not anymore dealing only with the physical counterpart (i.e. hardware), but instead and predominantly with the cyber counterpart of complex engineering systems, which requires an integrative learning process and a continuous learning update since the acquired knowledge quickly becomes obsolete.

Thus, the challenge is to develop and design new vocational and academic training programs that focuses this multidisciplinary specialization, which apparently is contradictory: on one hand to have understanding over a wide plethora of topics and technologies, which can be provided by Bachelor and Master programs, and on the other hand to have short term learning and training programs on specific topics that provide specialization.

Examples of these innovative short-term academic learning programs are the Erasmus Intensive programme on Robotic Systems and the Summer School on Industrial Agents in Automation. The major innovation of the first project is the establishment of a learning course, with the duration of 60 presential hours, that provides global insight knowledge on robotic systems, and particularly significant hands-on experience in this field. This is accomplished in an international framework where the complementary and multidisciplinary knowledge and expertise from six European High-level Education Institutions from five countries are possible. Furthermore, the inter-disciplinary nature leads to an innovative environment that allows the exchange of different expertise and learning practices aligned with the Bologna process. The second example focuses a more specialized topic, aiming to enhance the participants' knowledge in the field of Multi-Agent Systems applied to industrial environments, being able to gain a range of theoretical and practical skills necessary to develop real industrial agent based applications [Leitão et al., 2016]. The topics were lectured by well-known international researchers, with a duration of 28 hours. In both cases, the feedback from the participants related to the overall evaluation of the courses was very positive, and particularly they were very much satisfied with the duration of the courses, which reinforces the benefits of having this kind of learning programs concentrated in a short period.

At another level, the on-going Erasmus+ DA.RE (Data Science Pathways to Re-imagine Education) project aims the pioneer development of a new blend mixed education program, actuating as catalyser for the design and deployment of new educational programs, at national, European and international levels, in the data science field. The project aims to contribute in reforming of teaching, bridging the usual gap between Higher-Education Institutions and the business and industrial sectors. The widespread involvement and deep commitment of small, medium and large companies, along with tech-intensive companies in designing educational paths and creating standards for the assessment of their quality will have a great impact on the alignment between said paths and market requirements, generating highly qualified Data Scientists professionals.

REFERENCES

- [1]-Kagermann, H., Wahlster, W., Helbig, J. Securing the Future of German Manufacturing Industry: Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0, ACATECH - German National Academy of Science and Engineering (2013).
- [2]-Leitão, P., Colombo, A.W., Karnouskos, S., Industrial Automation based on Cyber-Physical Systems Technologies: Prototype Implementations and Challenges, Computers in Industry, 81 (2016), 11-25.
- [4]-Bauer, H., Baur, C., Camplone, G., et. al., Industry 4.0: How to Navigate Digitization of the Manufacturing Sector, McKinsey Digital (2015).
- [5]-Leitão, P., *et al.*, Summer School on Intelligent Agents in Automation: a Hands-on Educational Experience on Deploying Industrial Agents, Proc. of the 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, (2016) 6602-6607.

ARTIGO REF: 6824

O USO DE SISTEMA ESTRUTURAL COM PAVIMENTOS COM CORDOALHAS ENGRAXADAS EM PRÉDIOS DE MÚLTIPLOS ANDARES NO BRASIL

Harlen Nunes^(*), Roberto Chust Carvalho

Universidade Federal de São Carlos, PPGECiv/UFSCar, São Carlos, Brasil

^(*)*Email:* harlennunes@yahoo.com.br

RESUMO

Este trabalho é um levantamento inédito sobre a análise de sistemas estruturais protendidos com cordoalha engraxada, já de acordo com a nova NBR 6118:2014 e um estudo crítico com o foco de isenção do mercado sobre os processos de execução estrutural e o impacto que causam no custo da estrutura. Os estudos desenvolvidos até aqui no, aspecto estrutural, foram feitos com normas anteriores a esta, que considera a qualidade da estrutura e a durabilidade além das condições de segurança que são seguidas por todos os escritórios de projetos do Brasil. Em relação ao estudo dos processos construtivos só há até então, estudos feitos por empresas envolvidas nos procedimentos e, portanto sem a isenção necessária para considerá-los definitivos.

Também os estudos feitos até então são extremamente estanques sem levantar detalhadamente e de forma simultânea o projeto (cálculo estrutural) e a execução (processos e insumos), conforme observados em Albuquerque (1999), que apenas estabelece índices de consumos de materiais, (concreto, aço e forma), como também é citado em Carvalho (2012), que aborda o comportamento estrutural de laje maciça, nervurada treliçadas e nervurada com cubas plásticas e uma análise econômica, e por fim como descrito em Sphor (2012), que estuda comparativamente os custos entre os sistemas estruturais convencionais e os sistemas estruturais de lajes nervuradas em concreto armado.

Ao fazer simulações de Edifícios de 25 ou mais pavimentos, o que atualmente fica mais viável nas regiões das cidades que necessitam da verticalização, levantamentos, entrevistas e pesquisa, conclui se que, em situações deste tipo de aplicação já usadas em certas partes do Brasil, Estados Unidos e Canadá, podem ou não ser usado de forma econômica em outras regiões no próprio território brasileiro. Este estudo que foi realizado na região das cidades de Ribeirão Preto e São Carlos, ambas no Estado de São Paulo no Brasil, mostram que o uso de cordoalhas engraxadas e estruturas de concreto protendido, não só é mais viável em relação ao custo e produtividade, também no que tange a qualidade e tecnologia empregadas na estrutura de concreto, o que pode contribuir até mesmo socialmente e economicamente no momento em que o Brasil passa hoje.

Ainda pode-se citar a vantagem do ponto de vista arquitetônico, tendo em vista a facilidade de se obter tetos planos, desta forma traz para os arquitetos e clientes a terem uma grande liberdade de layout para poderem explorar.

Além do mais, no Brasil a indústria da construção civil é muito representativa em uma economia que cresce muito em relação ao PIB, de acordo com a figura 1, sendo assim a tentativa de melhorar os sistemas, o deixando mais produtivo, com maior qualidade e tecnologia de ponta, melhora consideravelmente este processo na Construção civil.

Pode-se observar em Almeida Filho (2005), em que no seu estudo pôde-se concluir satisfatoriamente que a protensão não aderente é uma solução muito vantajosa, do ponto de vista executivo e de consumo de materiais, pois, para pavimentos com maiores dimensões, o concreto armado perderia a versatilidade econômica que possui com a presença de muitos recortes nas fôrmas e da grande quantidade de vigas e pilares, o que pode ser vista na tabela 1, no qual o valor por/m² de construção é 25% menor que o concreto armado comum.

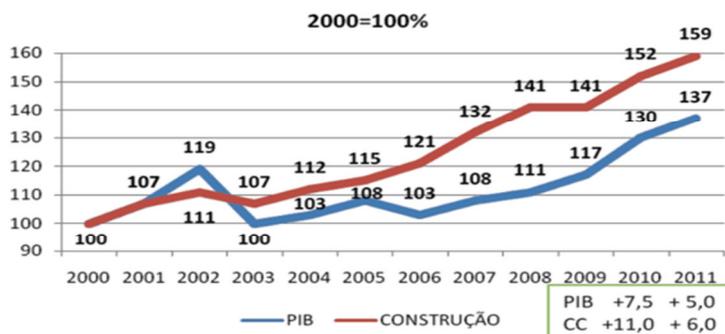


Fig. 1 - Evolução do PIB brasileiro e construção civil: Fonte: Sindicato Nacional da Indústria de Cimentos, Instituto Brasileiro de Siderurgia, cimento.org, CBIC, ANAMANCO, BECEN, IBGE

Tabela 1 - Tabela orçamentária para lajes maciças protendidas.

MATERIAIS	VALOR (R\$)	Laje maciça protendida	
		QUANT.	VALOR
CONCRETO (M ³)	350,00	0,19	66,50
CP190(Kg)	8,80	5,76	50,69
CA50A (Kg)	4,50	6,90	31,05
FORMA SEM PROTENSÃO (m ²)	28,00	0,00	0,00
FORMA COM PROTENSÃO (m ²)	20,00	1,25	25,00
MOLDES(UN)	1,50	0,00	0,00
VALOR FINAL(R\$/m ²)			173,24
FLECHAS MÁXIMAS			0,90 cm
TOTAL COM FORRO DE GESSO	20,00	0,00	0,00
			173,24

REFERÊNCIAS

- [1]- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014. 256 p.
- [2]- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7483: Cordoalhas de aço para concreto protendido - Requisitos. Rio de Janeiro, 2004. 12 p.
- [3]-Albuquerque, A.T. Análise de Alternativas Estruturais para Edifícios em Concreto Armado, Dissertação - Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.
- [4]-Almeida, F M. Estruturas de Pisos de Edifícios com a utilização de cordoalhas engraxadas. 2005. 283 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia e Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.
- [5]-Carvalho, R.C. Estruturas em concreto protendido. São Paulo, Pini, 2012.
- [6]-Spohr, R. H. Análise comparativa: sistemas estruturais convencionais e estruturas de lajes nervuradas. Santa Maria, 2008.

ARTIGO REF: 6916

SIMULAÇÃO DO CAMPO GRAVÍTICO - UM PROGRAMA PARA O ENSINO DE GEOFÍSICA APLICADA

P. Nogueira^{1(*)}, O. Silva²

¹Departamento de Geociências, Escola de Ciências e Tecnologia,, Universidade de Évora, Portugal

²Departamento de Física, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, Portugal

(*)Email: pmn@uevora.pt

RESUMO

Os cursos de ensino superior da área das geociências (e.g. Geologia, Engenharia Geológica e Geofísica) apresentam muitas vezes estudos de gravimetria, quer de natureza mais teórica, quer de natureza aplicada.

Se os princípios teóricos subjacentes aos estudos gravimétricos são conhecidos desde longa data, já a sua aplicação em contexto de sala de aula é normalmente feita recorrendo a modelos simples do estilo “*uma esfera com $\delta\rho$ de 0.5 com um raio de 100m e a uma profundidade de 300m*”, ou seja, casos em que o problema é completamente definido por uma geometria simples e informação completamente conhecida. Estes casos podem ser facilmente apresentados e discutidos em sala de aula recorrendo a uma folha de cálculo.

A resolução de casos geologicamente mais significativos, como por exemplo “*uma falha inversa com um plano de falha de direção N90°, 45°E, que tem um rejeito de 50 metros na vertical, corta uma camada com 50 metros de espessura e um contraste de densidade de 0.5*”, requerem sempre uma aproximação física mais complexa e demorada que não é prático apresentar numa aula.

Neste trabalho apresentamos um programa de computador útil em contexto de sala de aula, capaz de simular os efeitos gravimétricos de casos geologicamente significativos, procurando ao mesmo tempo ensinar os princípios do método gravimétrico e apoiar os estudantes na interpretação de resultados. Foi também nosso objetivo disponibilizar uma ferramenta interativa e de fácil utilização, mesmo para os utilizadores menos experimentados na utilização deste tipo de software.

A equação da gravitação universal é utilizada para o cálculo da aceleração gravítica à superfície da Terra. Subtraindo o campo da aceleração gravítica regional, definimos a perturbação gravítica $\delta\vec{g}_s$. O cálculo desta perturbação pode ser efetuado recorrendo à definição de uma perturbação do campo da densidade em relação ao seu valor regional de referência. Efetuando a discretização do domínio 3D subterrâneo, o cálculo das perturbações gravíticas à superfície é efetuado por intermédio de

$$\delta\vec{g}_s = -\gamma \sum_m \frac{(\rho_m - \rho_{ref}) \delta V_m}{r_{ms}^2} \cdot \hat{r}_{ms} \quad (1)$$

PROGRAMA E ALGORITMO DE CÁLCULO

O programa foi desenvolvido em Java, utilizando a biblioteca JavaFX. Esta biblioteca permite a visualização de elementos em três dimensões. A zona considerada no estudo é modelada recorrendo a volumes paralelepípedicos que se encontram regularmente espaçados nas três dimensões (figura 1).

O algoritmo de cálculo é baseado na equação 1 e desenvolve-se da seguinte forma:

Passo 1

- Para cada elemento da superfície S e,
 - Para cada elemento de volume (3D subterrâneo)
 - Calcular $\vec{\alpha}_{ms}$ para cada par superfície-elemento de volume;

Passo 2

- Para cada elemento da superfície S e,
 - Para cada elemento de volume (3D subterrâneo)
 - Somar $[(\rho_m - \rho_{ref}) \times \vec{\alpha}_{ms}]$

EXEMPLO DE APLICAÇÃO

O programa criado tem uma interface única onde o utilizador pode criar redes, alterar os parâmetros de visualização, legenda e gestão das redes existentes, além de alterar o ponto de vista do utilizador, quer com o rato, quer através de movimentos discretos com o recurso a um botão.

Como aplicação do programa apresentamos os resultados da simulação do campo gravítico resultante do rejeito de uma camada mais densa $d=5$ por uma falha inversa. A figura seguinte é uma reprodução de parte do ecrã onde é apresentado o volume de estudo (cubos) com densidades: azul escuro: 2.7, vermelho: 5.0 e azul claro: 3.0. A densidade do envolvente é de 2.7.

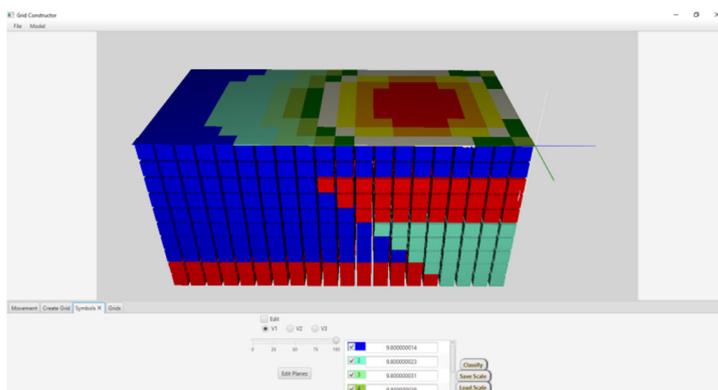


Fig. 1 - A interface do programa Cube3D.

O resultado da simulação é apresentado na camada superficial, verificando-se um valor máximo de δg na vertical onde a camada mais densa está mais próxima da superfície, tal como seria de esperar.

CONCLUSÕES

Os cálculos gravimétricos são por vezes complexos de desenvolver em sala de aula. Com esta ferramenta os docentes encarregues de trabalhar com os estudantes estas matérias podem de uma forma rápida e intuitiva representar situações geologicamente complexas. A facilidade de aplicação e a rápida visualização dos resultados da simulação, permite que os assuntos essenciais ligados com os estudos gravimétricos sejam mais facilmente compreendidos pelos alunos, podendo eles de forma expedita em sala de aula simular novos problemas. O programa é de código livre e encontra-se disponível para descarregar e utilizar no sítio da internet <http://home.uevora.pt/~pmn/Cube3D>.

ARTIGO REF: 7026

OBTENÇÃO DE VINAGRE DO PEDÚNCULO DE CAJÚ POR FERMENTAÇÃO ESPONTÂNEA

Filipe Rodrigues Matavel¹, Maria Eduardo^{2(*)}

¹Departamento de Produção Agrária, Escola Superior de Desenvolvimento Rural, Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, Moçambique

²Departamento de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia, Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, Moçambique

(*)Email: m_eduus@yahoo.com; maria.eduardo@uem.mz

RESUMO

O pedúnculo de cajú é um pseudofruto do cajueiro (*Anacardium occidentale L.*) conhecido em Moçambique, mas, devido ao seu tempo de prateleira reduzido, a sua comercialização in natura é restrito. Como o pedúnculo do cajú apresenta valores consideráveis de sólidos solúveis totais e vitamina C, a sua utilização na produção de vinagre seria uma alternativa para o seu aproveitamento, resultando num produto de maior valor agregado. O vinagre é um produto resultante de dois processos bioquímicos distintos através da acção de microrganismos, a fermentação alcoólica pela utilização de leveduras sobre matérias-primas açucaradas e amiláceas e a fermentação acética, pela acção de bactérias acéticas. A sua principal função é atribuir gosto e aroma aos alimentos. Além disso, é utilizado Como amaciante de carnes temperadas e legumes em conservas.

Dessa forma o presente trabalho teve como objectivo produzir vinagre de pedúnculo de caju a partir da fermentação espontânea. Foram determinadas as massas e os rendimentos do suco de caju, fruta (castanha + pedúnculo) e perdas durante o processamento. Os resultados da análise física do pseudofruto são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Caracterização física do pseudofruto do cajú

Componentes	Massa (g)	Rendimento (%) [*]
Castanha+pseudofruto	58,5	100,0
Pseudofruto	56,1	95,9
Suco	49,8	85,1
Bagaço do pedúnculo	6,0	10,2
Perda	0,4	0,7

^{*}relação entre a massa do componente i pela massa total

O rendimento obtido no processamento do suco de caju foi cerca de 85%, e as perdas correspondem a 0.7%, esses valores mostram que há uma viabilidade para a produção de vinagre. A fermentação alcoólica foi acompanhada pela determinação do desprendimento do gás, a fermentação acética foi submetida às análises físico-química, onde obteve-se maior concentração de etanol (4,3 e 2,3 % v/v), e menor teor de acidez (2 e 4 % ácido acético), quando comparado com os padrões pré-estabelecidos; quanto ao teor de extracto seco, teor de cinzas e densidade relativa, estes valores encontram-se em conformidade com padrões pré-

estabelecidos pelas legislações, com exceção do teor de acidez da formulação V-01 que está muito abaixo do valor pré-estabelecido e o teor alcoólico da formulação V-01 que está muito acima. A análise sensorial de sabor indicou que o tempo de envelhecimento não pode ser superior a 80 dias, e a formulação V-02 resultou em um produto de maior aceitação (Figura 1).

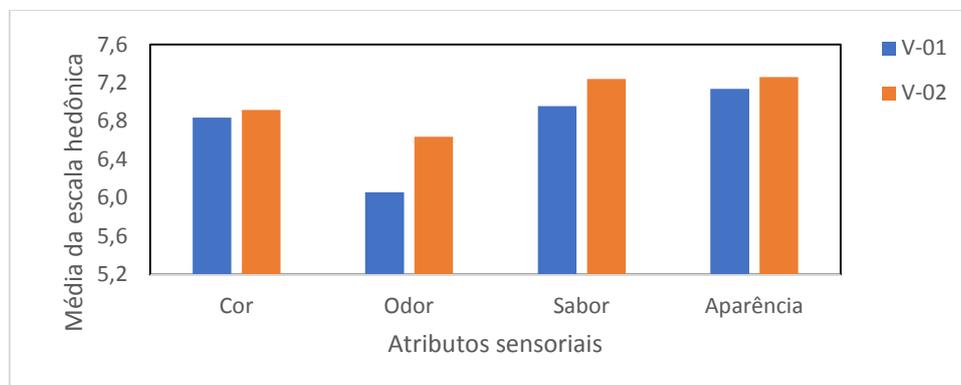


Fig. 1 - Análise sensorial das formulações de vinagre (V-01 e V-02) produzido a partir do pseudofruto, envelhecido a 80 dias

A produção do vinagre caseiro é uma das alternativas do aproveitamento dos frutos, o qual pode ser utilizado na área rural ou até mesmo comercializado, agregando valor à cultura com a diversificação de um novo produto.

REFERÊNCIAS

- [1]-Dutcosky, S.D. (1996) Análise sensorial de alimentos. 3 ed. Champagnat: Curitiba, 426 p.
- [2]-Neto, A. B. T.; da Silva, M. E.; Silva, W.B.; Swarnakar, R.; da Silva, F. L. H. (2006). Cinética e caracterização físico-química da fermentação do pseudofruto do caju (*Anacardium occidentale* L.). Quím. Nova, v..29, n: 3, p. 489-492.
- [3]-Rizzon, L. A., Meneguzzo, J. (2006) Sistema de Produção de Vinagre, Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves.10f. ISSN 1678-876.
- [4]-Rizzon, L. A.; Miele, A.(2000) Características analíticas de vinagres comerciais de vinhos brasileiros. Jornal da tecnologia alimentar, Campinas, v. 1, n. 1.2, p. 25-31.

PROCEEDINGS CLME2017 / V CEM

**8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia
V Congresso de Engenharia de Moçambique
Maputo (Moçambique), 4-8 Setembro 2017**

SIMPÓSIO-2

Regeneração Urbana e Habitação em Áreas Informais

Coordenador

Miguel Pires Amado^(*)

Instituto Superior Técnico/U. Lisboa
Lisboa, Portugal

^(*)Editores Associados para os artigos deste Simpósio

ARTIGO REF: 6439

URBAN REGENERATION: A CELL AS DISSEMINATION UNIT

Miguel P. Amado^{1(*)}, Inês Ramalhe², João C. Freitas², António Ribeiro Amado²

¹CERIS, Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georrecursos, Instituto Superior Técnico
Universidade de Lisboa, Rovisco Pais Av. 1, 1049-001 Lisbon

²GEOTPU.LAB, Instituto Superior Técnico, Rovisco Pais Av. 1, 1049-001 Lisbon

(*)*Email*: ma@fct.unl.pt

ABSTRACT

The faster urbanisation in developing countries is producing an unyielding pressure on existing urban hubs, which is leading to the formation of informal settlements, as there are no alternatives for low-income migrants. Sub-Saharan African Region still showing the worst scenario where 55% of the population still lives in informal settlements in 2014, according to the United Nations data. Different approaches and strategies have been applied but the scale of the problem, lack of financial resources and political instability are the major constraints for its success. In the majority of the cases, regeneration is fully dependent on the Governments decisions and resources, which delays the process and, sometimes, show inadequacy to local conditions (Werna 2001; Ogunshakin and Olayiwola 1992; Shannon, Meulder, and Lin 2014; Abbott 2002). On the other hand several authors and data from empirical approaches have shown that an incremental process, supported by self-determination, is essential to provides some transformation (Huchzermeyer and Karam 2006; Shannon, Meulder, and Lin 2014; Keivani and Werna 2001; Ogunshakin and Olayiwola 1992; Wekesa, Steyn, and Otieno 2011; Mukhija 2004; Abbas M. Hassan 2015; Blaustein et al. 2014; Greene and Rojas 2008). This paper presents a methodology for an incremental urban regeneration to be applied in a pilot project to the Luanda metropolitan area, in Angola. The methodology presents an approach where urban cells can work as dissemination units for regeneration, considering a self-empowerment of the investors and the population in a framework of partnership. The issue of the research relies in two main scopes: the definition of these urban cells, considering the State's objectives and initiatives; land tenure forms (land titles, former occupancy) and local features (social, economic and environmental); the autonomy of the stakeholders, regarding a process where the State is a supporter and the regeneration operations are made by the private sector and the population. Thus, a criteria framework for the definition of these urban cells is presented, based on literature review and empirical evidences, supported by GIS Database. Furthermore, a set of mechanisms is presented in order to support the self-empowerment process. The conclusions focus in the research for a methodology based on a regeneration process that combines policies and its spatial dissemination within the territory.

REFERENCES

- [1]-Abbas M. Hassan, Hyowon Lee. 2015. "Toward the Sustainable Development of Urban Areas: An Overview of Global Trends in Trials and Policies." *Land Use Policy* 48. doi:10.1016/j.landusepol.2015.04.029.
- [2]-Abbott, John. 2002. "A Method-Based Planning Framework for Informal Settlement Upgrading." *Habitat International* 26 (3): 317-33. doi:10.1016/S0197-3975(01)00050-9.

- [3]-Blaustein, Susan M, Victor Body-Lawson, Priscila Coli, Kirk Finkel, Petra Kempf, Geeta Mehta, Richard Plunz, and Maria-Paola Sutto, eds. 2014. *Spatial Strategies for Manyatta: Designing for Growth*. 1st ed. New York: The Urban Design Lab at the Earth Institute of Columbia University.
- [4]-Greene, Margarita, and Eduardo Rojas. 2008. "Incremental Construction: A Strategy to Facilitate Access to Housing." *Environment and Urbanization* 20 (1): 89-108. doi:10.1177/0956247808089150.
- [5]-Huchzermeyer, Marie, and Aly Karam. 2006. *Informal Settlements: A Perpetual Challenge?* Juta and Company Ltd.
- [6]-Keivani, R., and E. Werna. 2001. "Modes of Housing Provision in Developing Countries." *Progress in Planning* 55 (2): 65-118. doi:10.1016/S0305-9006(00)00022-2.
- [7]-Mukhija, Vinit. 2004. "The Contradictions in Enabling Private Developers of Affordable Housing: A Cautionary Case from Ahmedabad, India." *Urban Studies* 41 (11): 2231-44. doi:10.1080/0042098042000268438.
- [8]-Ogunshakin, Lee, and Lasun Olayiwola. 1992. "The Collapse of Official Housing Policy in Nigeria." *Habitat International* 16 (1): 41-53. doi:10.1016/0197-3975(92)90006-K.
- [9]-Shannon, Kelly, Bruno De Meulder, and Yanliu Lin, eds. 2014. *Village in the City: Asian Variations of Urbanisms of Inclusion*. Park Books.
- [10]-Wekesa, B. W., G. S. Steyn, and F. A. O. (Fred) Otieno. 2011. "A Review of Physical and Socio-Economic Characteristics and Intervention Approaches of Informal Settlements." *Habitat International* 35 (2): 238-45. doi:10.1016/j.habitatint.2010.09.006.
- [11]-Werna, Edmundo. 2001. "Shelter, Employment and the Informal City in the Context of the Present Economic Scene: Implications for Participatory Government." *Habitat International* 25 (2): 209-27. doi:10.1016/S0197-3975(00)00018-7.

ARTIGO REF: 6447

THE ROLE OF PUBLIC SPACE IN THE REGENERATION OF INFORMAL SETTLEMENTS

João Correia de Freitas^{1(*)}, Miguel Pires Amado², Inês Ramalheira¹, António Ribeiro Amado¹

¹Fundação NOVAID, Universidade Nova de Lisboa - Lisboa, Portugal

²Instituto Superior Técnico, Depart. Eng^a. Civil, Arquitectura e Georecursos - Lisboa, Portugal

(*)Email: jc.freitas@fct.unl.pt

ABSTRACT

The migration from rural areas came about for a number of different reasons but three stand out. Firstly, with the birth of liberation movements and the effective end of colonialism from the end of second world war a lot of nations faced terrible civil strife as the power vacuum generated by the departure of former European nations created the environment for war between the various tribes, religious sects, etc. all searching for resources, power and security of their own (Shipway, 2007).

Civil wars and liberation wars were more violent in the countryside (often the base for the different factions) and, naturally, people began seeking refuge in larger urban areas. Secondly, with the advent of globalization and the transformation of industrial and agricultural practices as well as global resource extraction industries the opportunities in urban areas for the native population became so overwhelming that the chasm between what a family could earn in the countryside with traditional agricultural or forestry versus the lowest paying job in any industry or even informal commercial activity in the city meant that if families wanted a better future for their children they needed to move to the city. As a third reason one could argue that, at least before massive overcrowding occurred, along with the improved access to economic opportunities, living in a big city, even in an informal settlement, provided access to better facilities such as hospital and schools than rural areas (Fischer, 2011)

With this context of continuous migration informal settlements became severely overcrowded and began to go through a process of degradation that in some cities has become completely unsustainable. The lack of sanitary conditions has led to the rapid spread of tropical diseases such as malaria and dengue.

Most governments in face of this desperate situation began implementing policies and actions with differentiated outcomes. One of the most successful examples, and one that most government officials see as a “goal” is the transformation of Singapore (Olds and Yeung, 2004). Although Singapore’s context differs widely from many of the realities in the developing world, in particular in sub-Saharan Africa (Cilliers et al., 2013), one of the key issues that the transformation of Singapore highlighted, especially when considering the densification through height policies that were adopted (Jacobs and Cairns, 2011), is the creation of public spaces for the population. One of the critical aspects of this process is how to decide how much public space is actually required and what qualities and features should it have.

As it became apparent that the Singapore model would be very difficult to replicate in other parts of the world, due to differences in culture, government and economics the role of public space needs to be rethought as more and more diverse and incremental approaches such as:

site and service, upgrading, flexible codes and others (Amado et al., 2016) gain foothold. The fundamental question then becomes what type of features, quality, quantity and accessibility will future public space need to have to cater to both ethnically and economically diverse populations in these locations.

In this paper we offer valuable insight into the methods and approaches used today in the definition of the metrics and guidelines for public spaces, in particular in informal settlements. We draw experience from many realities all over the developing world and develop an integrated approach that takes into account the various dimensions of context that exist in each community. Because each community is different (Diouf, 2003) and each government, local or otherwise is faced with different challenges and has different strength. To ensure the success of future public spaces developed approach tries not to be prescriptive in nature but adopt a more flexible nature. However, governments in developing countries sometimes lack the necessary resources, both internal and/or capacity to obtain, to develop more nuanced approaches that result in more contextualized outcomes. With this in mind this paper also focuses on three major elements in public space planning, namely: Quantity, Quality and Accessibility. We propose that certain minimum standards should be observed regardless of context and might be maximized or enhanced if conditions require it. By presenting simple metrics it simplifies the work of local and national authorities by setting clear targets and easy to understand objectives and ways to achieve them. This paper defends that this dualistic approach will serve developing nations of any type of context for a longer period, either in context of lack of technical resources, or in future contexts where technically adept staff is more available and ready to contribute to a better quality of life.

REFERENCES

- [1]-Amado, M.P., Ramalhete, I., Amado, A.R., Freitas, J.C., 2016. Regeneration of informal areas: An integrated approach. *Cities* 58, 59-69. doi:10.1016/j.cities.2016.05.015.
- [2]-Cilliers, S., *et al.*, 2013. Ecosystem services of urban green spaces in African countries: perspectives and challenges. *Urban Ecosyst.* 16, 681-702. doi:10.1007/s11252-012-0254-3.
- [3]-Diouf, M., 2003. Engaging Postcolonial Cultures: African Youth and Public Space. *Afr. Stud. Rev.* 46, 1-12. doi:10.2307/1514823.
- [4]-Fischer, R, 2011. Rural-Urban Migration. A necessity to survive. GRIN Verlag, München.
- [5]-Gouverneur, D., 2014. Planning and Design for Future Informal Settlements: Shaping the Self-Constructed City. Routledge, Abingdon, Oxon ; New York, NY.
- [6]-Huchzemeyer, M., 2004. Unlawful Occupation: Informal Settlements and Urban Policy in South Africa and Brazil, New edition. Africa Research & Publications, Trenton, NJ.
- [7]-Jacobs, J.M., Cairns, S., 2011. Ecologies of Dwelling: Maintaining High-Rise Housing in Singapore, in: Bridge, G., Watson, S. (Eds.), *The New Blackwell Companion to the City*. Wiley-Blackwell, pp. 79-95.
- [8]-Olds, K., Yeung, H., 2004. Pathways to global city formation: a view from the developmental city-state of Singapore. *Rev. Int. Polit. Econ.* 11, 489-521. doi:10.1080/0969229042000252873.
- [9]-Shipway, M., 2007. Decolonization And Its Impact: Comparative Approach to the End of Colonial Empire: A Comparative Approach to the End of the Colonial Empires, 1 edition. ed. Wiley-Blackwell, Malden, MA.

ARTIGO REF: 6471

INCREMENTAL LOW COST WATER AND SANITATION SOLUTIONS FOR THE OÉ-CUSSE REGION IN TIMOR LESTE

Ana Silva^{1(*)}, Miguel P. Amado²

¹GEOTPU, Grupo de Estudos e Ordenamento do Território e Planeamento Urbano, IST/U.Lisboa, Portugal

²Dept. of Civil Engineering, Architecture and Georesources, IST/U.Lisboa, Portugal

(*)*Email: ana_isabel53@campus.fct.unl.pt*

ABSTRACT

Sanitation and drinking water supply for small communities are a matter of concern in Oé-Cusse Ambeno, a special administrative region of Timor - Leste. The number of treatment plants in this area is very low and commonly subjected to high seasonal and even daily variations in wastewater flow. On the other hand, these treatment plants need to be easy to manage and to operate. Both wastewater collection and drinking water supply should be considered within a regional planning process to ensure long-term sustainability under various conditions. Specially in an agricultural area, like Oé-Cusse, treated wastewater that is provided in reliable quality and quantity is valued as a precious resource for agricultural re-use, as drinking water supply is valued for increase the standard of living and improvements in public health [1], [3], [4].

The scope of this paper is to provide some easy-to-understand guidance on implementing water and wastewater treatment solutions in small settlements and towns in Oé-Cusse Region. Specific aims of the guidance paper are: to inform about the sustainable options for sanitation and wastewater collection and treatment and to give guidance to decision makers how to select appropriate systems for sanitation and wastewater management with respect to relevant framework conditions, in particular to give decisive advantages and drawbacks of non-conventional systems, biogas settlers and constructed wetlands as well as innovative concepts also for settlements without reliable water supply, that can be connected, in the future, with the main infrastructure network (Example in Figure 1).

The development of a suitable, integrated solution for water treatment and sanitation is a very complex procedure particularly in Oé-Cusse, where the occupation of land is for now mostly unstructured and unplanned. So, this research will consider an articulation between theoretical evidences, fieldwork and community involvement [2].

As a starting point, this paper lists different types of solutions, that can be fitted in Oé-Cusse Region, which are normally known as “Low Cost” solutions, whose key features are: a continued service delivery in sufficient quantity; low cost implementation, operation and maintenance; durability; flexibility and affordability; safety for the user and for the environment and working with different energy sources available on-site. Then a new model can be developed in response to the lack of water and sanitation infrastructures, that can change the environmental, social and economic situation of the Region. The new model prevents the construction of unplanned neighborhoods without any infrastructure system though the application of on-site sanitation and water treatment solutions that can be adapted, in the future, with a technical wall, which is directly connected with the main infrastructure network to be built. The project will be divided in three phases: phase one is the study about

the region and about the infrastructures to implement; second phase is the implementation of the solutions and operation and maintenance; third phase is the adaptation of the solution to the technical wall and main infrastructure network.

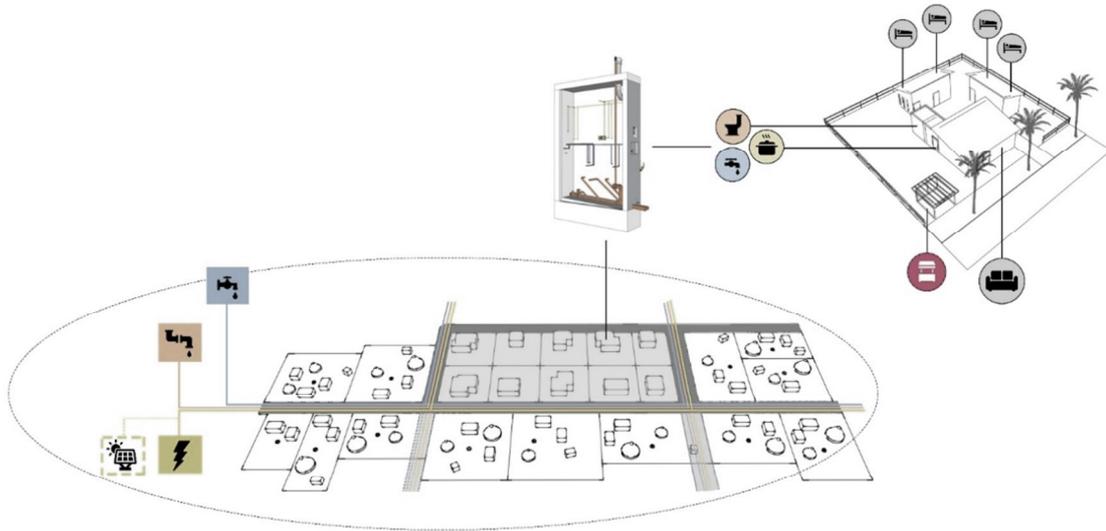


Fig. 1 - Exemple of Pante Macassar - Technical Wall and project area implementation

REFERENCES

- [1]-The National Directorate of Basic Sanitation, National Directorate for Water, Ministry of Health, Australian Government Department of Foreign Affairs and Trade (formerly AusAID) BESIK Water Supply and Sanitation Program, and Asian Development Bank, Water Supply and Sanitation in Timor-Leste. Service Delivery Assessment Turning Finance into Services for the Future, (2014).
- [2]-Babbie, Earl R., Survey Research Methods. Wadsworth Publishing Company, (1990).
- [3]-UN-Habitat, World Cities Report, Urbanization and Development: emerging futures. World Cities Report, (2016).
- [4]-Wendland, C., Albold, A., Sustainable and cost-effective wastewater systems for rural and peri-urban communities up to 10,000 PE, (2010).

ARTIGO REF: 6578

REGENERAÇÃO URBANA EM CENTROS HISTÓRICOS: PRESERVAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE VIDA DOS MAIS DESAFVORECIDOS

Emília Malcata Rebelo^(*)

Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil,
Secção de Planeamento do Território e Ambiente, Porto, Portugal

^(*)*Email:* emalcata@fe.up.pt

RESUMO

A cidade do Porto (Portugal) - cujo centro histórico está classificado como património cultural da humanidade pela UNESCO - depara-se com uma pressão imobiliária crescente e tendencialmente gentrificadora.

Considerando a existência no Porto de 957 núcleos de “ilhas” (pequenas habitações alinhadas, construídas a partir do século XIX, destinadas a alojar as classes trabalhadoras, e que pertencem a cidadãos socialmente desfavorecidos), e o compromisso dos autarcas do Porto com os seus cidadãos no sentido da preservação das características (sociais, económicas, históricas e culturais) intrínsecas da cidade - este artigo relata os objetivos, metodologias, resultados e conclusões de um estudo de consultoria desenvolvido para a Câmara Municipal do Porto [Afonso, 2009]. É proposta uma política - que engloba a sustentabilidade ambiental, a coesão social e a viabilidade económica - de reabilitação das “ilhas” localizadas no centro histórico do Porto ou próximo dele, assente na preocupação de assegurar melhores condições habitacionais às famílias mais desfavorecidas que aí têm tradicionalmente vivido [Conceição e Breda-Vázquez, 2015]. É especificamente desenvolvido um estudo de caso para as “ilhas” localizadas na área de reabilitação urbana de Santos Pousada.

Este estudo começa com a realização de inquéritos e entrevistas à população, conjuntamente com a caracterização das “ilhas” e das suas respetivas habitações [Breda-Vázquez e Conceição, 2015]. Atendendo à dimensão média das famílias (cerca de três pessoas), à taxa média de ocupação das “ilhas” (56.9%) e à dimensão média dos alojamentos (aproximadamente 35 metros quadrados), é aqui proposta uma operação de reabilitação no sentido de duplicar a sua área, assegurando tanto quanto possível que a maioria das famílias permaneçam nas “ilhas” em que atualmente residem. Foram, seguidamente, avaliados os custos de intervenção, de acordo com o estado de conservação dos alojamentos, e analisou-se uma ferramenta financeira especialmente dirigida à reabilitação por privados, no sentido de identificar possíveis fontes de financiamento e os correspondentes montantes. Os custos e rendimentos envolvidos foram, então, comparados, sendo conseqüentemente sugeridas algumas propostas de rentabilização desta operação, mobilizando os seus atuais habitantes, e preservando o património cultural do centro da cidade em todas as suas dimensões [Conceição & Breda-Vázquez, 2015].

Este estudo mostra claramente de que modo as intervenções de reabilitação urbana permitem implementar a integração e a coesão social - através da aposta na qualidade e no conforto habitacionais - recorrendo, simultaneamente, a instrumentos financeiros que permitam recuperar, pelo menos, parte dos custos envolvidos [IHRU, 2015^a, 2015b].

Esta proposta afirma-se, assim, como uma solução de compromisso entre o estado-providência e as forças competitivas de mercado, permitindo atingir um equilíbrio sustentável, atendendo às crescentes dificuldades financeiras com que os municípios se deparam, e que limitam o atingimento dos seus objetivos sociais.

REFERÊNCIAS

- [1]-Afonso, F.P. (coord.) (2009), O Mercado da Reabilitação - Enquadramento, Relevância e Perspectivas, AECOPS - Associação de empresas de construção, obras públicas e serviços.
- [2]-Breda-Vázquez, I. & Conceição, P- (coods.) (2015), Levantamento e caracterização das 'Ilhas' do Porto, Instituto da Construção, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, CITTA - Centro de Investigação do Território, Transportes e Ambiente, Porto Domus Social.
- [3]-Conceição, P. & Breda-Vázquez, I. (coods.) (2015), "Ilhas" do Porto - Programa Estratégico, Instituto da Construção, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, CITTA - Centro de Investigação do Território, Trnsportes e Ambiente, Porto Domus Social.
- [4]-IHRU Instituto da Habitação e Reabilitação Urbana, Governo de Portugal - Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia (2015a), Estratégia Nacional para a Habitação.
- [5]-IHRU - Instituto da Habitação e da Reabilitação Urbana, Governo de Portugal - Ministérios das Finanças e do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, European Investment Bank, Council of Europe Development Bank (2015b), Reabilitar para Arrendar - Habitação Acessível.

ARTIGO REF: 6907

FAVELA - UMA ABORDAGEM SOBRE O PROCESSO DE GENTRIFICAÇÃO

Laurentina Menezes Valentim^(*)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro - IFRJ. R. Lúcio Taváres, 1045, Centro, Nilópolis-RJ, 26530-060; ONG Soluções Urbanas - CNPJ05.503.333/0001-57. Rua Maestro José Botelho, 64, sala 208, Vital Brazil CEP-24.230-410-Niterói, Brazil

^(*)*Email:* laurentina@poli.ufrj.br

RESUMO

As favelas são uma porção indissociável das cidades. Segundo dados de 2010 do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 6% da população brasileira está domiciliada em assentamentos irregulares ou assentamentos subnormais, tal como é referido pelo IBGE. Ainda segundo estudos censitários, 49,8% das favelas no país estão na Região Sudeste, e dentre as favelas do sudeste, 25% dos domicílios estão em encostas.

A ocupação das encostas pelas populações de menor poder econômico, é histórica resposta ao déficit social e imobiliário brasileiro. Expressiva parcela da população economicamente subalternizada, edifica em áreas instáveis sem ter clareza do perigo associado à inclinação dos taludes, espessura do solo, fluxo subterrâneo entre outros. Não têm acesso às avaliações de risco providenciadas pelo zoneamento municipal e não têm capacidade de investimento para realizar tais estudos. Prodígios de engenharia emprestam longevidade à imóveis que se equilibram em barrancos, mantêm-se em várzeas e desafiam a compreensão. Essa improvisação é também responsável pela poética que se associa às favelas tratando-as como espaços de resiliência, de costuras culturais, de resistência e de poder.

Habitar a favela é um risco pressentido. Entre tantos problemas potenciais, há a possibilidade de inundações, freáticos aflorantes, deslizamentos, escorregamentos, deformações nas edificações por rastejo do solo, tombamento ou rolamento de matacões, há a ausência de vegetação e o consequente desconforto térmico agravado pela dificuldade de deslocamento nos aclives e declives em que nem sempre é encontrado meio de transporte adequado, regular e confortável ou mesmo vias.

Assim, acreditamos que haja diferentes avaliações subliminares sobre a favela: para seu habitante primevo, a favela é o lugar de residir, de viver e de construir relações sociais. É solução para guardar proximidade do local de trabalho e para abolir custos de moradia. A favela é a casa. Um local de pertencimento onde os ocupantes realizam as práticas comunitárias de toda sociedade humana em qualquer recorte temporal. E isso é legítimo. Essa compreensão parece ser adotada também pelos meios acadêmicos. Certeau sublinha que a cidade está suscetível a movimentos que se equilibram e concordam ignorando o que preconiza o poder panóptico. Deste modo, a cidade não se subordinará ao controle e a programação utópica dos urbanistas.

Da Matta afirma, concordando com Milton Santos que “o espaço tanto quanto o tempo são invenções sociais”. E, Rolnik destaca em seus textos que o estado, em dado momento, se dispõe a incorporar a cidade irregular construída pelas camadas subalternas - (a autora aqui está se referindo à favela). Estes pensamentos encerram a defesa ao direito à cidade.

Segundo outras interpretações a favela é observada como área perigosa e de externalidade negativa. Sendo assim é parcela da cidade que exige ajustamentos, e no Rio de Janeiro, torna-se historicamente alvo de programas de urbanização levados pela administração pública municipal.

Nos exemplos mais recentes em que a proposta da prefeitura descartou a ideia de remoção, os Programas Favela-Bairro (1994), Bairro e Morar Carioca que foi estruturado para incorporar o aprendizado do primeiro e lhe dar sequência, contemplaram centenas de favelas na cidade do Rio de Janeiro. O Morar Carioca, traz a conclusão, com base nas experiências dos Programas anteriores, que as urbanizações devem ser realizadas com a participação máxima dos ocupantes dos assentamentos. Isso vai garantir a manutenção de uma forma urbana valiosa para a cidade, a 'favela'.

Assim, mesmo que tais propostas não tenham eliminado as demandas por urbanização nos assentamentos atendidos, é possível observar melhorias de infraestrutura, engenharia, arquitetura e minimização de risco que se destacam. Os programas citados emprestaram nova visibilidade à favela e o trato com a vizinhança formal se modifica.

Em 2008 a esfera pública estadual criou as UPP's (Unidades de Polícia Pacificadora), apresentadas como "um dos mais importantes programas de Segurança Pública", a ideia é de estabelecer parcerias entre a população e as forças de segurança. São 37 unidades em favelas da capital.

A favela cresce se consolida e permanece. Mas não é a mesma. A favela na cidade do Rio de Janeiro assume um novo perfil de valorização -, parte emprestada pelo novo olhar das administrações, parte assumida pelo morador que já lhe atribuía importância; e em se tratando das favelas cariocas localizadas em encostas privilegiadas como as favelas da Zona Sul, ou em baixios no entorno do sistema lagunar da Barra da Tijuca o entorno valoriza a favela. Assim, há a hipótese da favela não sofrer remoção, mas passar por um processo de gentrificação que, acreditamos já estar em curso.

O intercâmbio cultural conduziu grupos para incursões à favela, bem como direcionou a favela aos espaços ilustres e formais da cidade. De maneira ainda incipiente, estrangeiros e jovens vêm migrando para assentamentos irregulares atraídos pelas belezas que se descortinam nas encostas da cidade e também pelas transações imobiliárias acessíveis e informais.

Acreditamos então que um fenômeno de expulsão pelo mercado está prestes a se consolidar e que, em parte, o investimento público realizado em favor do indivíduo que desenhou a favela enquanto espaço social corre o risco de vir a não ser desfrutado por ele.

REFERÊNCIAS

[1]-Burgos, Marcelo Baumann. Dos Parques Proletários ao Favela-Bairro: as políticas públicas nas favelas do Rio de Janeiro. Em: Zaluar, Alba; Alvito, Marcos (Orgs.). Um século de favela. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1998.

[2]-Pasternak Taschner, S. Tendências Recentes na Política de Desfavelamento Brasileira, artigo apresentado no ISA, em Montreal, julho de 1998. p.

ARTIGO REF: 6976

POLUENTES DO AR INTERIOR - ASSOCIAÇÕES ENTRE AMBIENTES RESIDENCIAIS E ESCOLARES

Guilherme Ferreira¹, Rosa Oliveira², Hugo Santos², Catarina F. Castro^{1,2 (*)}

¹Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal

²Institute of Science and Innovation in Mechanical and Industrial Engineering, Porto, Portugal

(*)*Email*: ccastro@fe.up.pt

RESUMO

No âmbito das recomendações da Organização Mundial de Saúde e do Plano de Ação Ambiente e Saúde para a Europa, esta investigação procura trazer um contributo adicional, baseado em dados recolhidos no âmbito do projeto SINPHONIE, para melhor estabelecer as relações entre qualidade do ar interior em ambientes doméstico e escolar e a prevalência de asma, alergias e outros sintomas do foro respiratório nas crianças. Desta base de dados constam os registos da Qualidade do Ar Interior (QAI), para os parâmetros químicos, físicos e microbiológicos recolhidos nas casas e salas de aulas de 68 crianças do ensino básico de 1º ciclo da cidade do Porto. Apresenta-se aqui uma abordagem estatística com o objetivo de clarificar possíveis associações entre a QAI e a prevalência de asma. Recorre-se a modelos de regressão logística para determinar quais os parâmetros que influenciam a prevalência de asma na população em estudo e apresenta-se uma análise ao risco de asma para cada parâmetro incorporado nos modelos.

INTRODUÇÃO

A Qualidade do Ar Interior (QAI), pela importância que tem na saúde e bem-estar geral das pessoas, continua a despertar o interesse da comunidade científica e do público em geral. A asma é uma das doenças crônicas mais predominantes entre as crianças, afetando mais de um terço na Europa (Oliveira Fernandes *et al.*, 2008). Além disso, provavelmente devido a alterações às exposições ambientais, a taxa de crianças asmáticas tem aumentado nas últimas décadas (Etzel, 2007) e que não parece ser simplesmente justificada por desvios genéticos. As crianças passam até 90% de seu tempo em ambientes fechados, dividindo o tempo entre casa e escola (Annesi-Maesano *et al.*, 2013). Dada a ampla gama de poluentes ambientais, muitos estudos têm sido feitos sobre o seu impacto na saúde. Importantes determinantes de poluição do ar interior da asma incluem, entre outros muita partículas inaláveis em suspensão (PM_{2,5}) e (PM_{2,5} - 10), monóxido de carbono (CO) e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos. Há ainda uma crescente evidência de que o crescimento de bactérias e fungos em edifícios húmidos é um importante fator de risco para doença respiratória (Etzel, 2007). O objetivo deste trabalho é investigar a associação entre a qualidade do ar interior em casa e na escola e o desenvolvimento de sintomas de asma nas crianças (Ferreira, 2017).

METODOLOGIA

Um estudo relacionando a exposição à poluição do ar interior e prevalência de sintomas associados à asma em crianças com idade escolar entre os 8 e os 10 anos deve ter em

consideração não só as medições associadas a poluentes e ventilação mas também o período de tempo que estas passam na escola e em casa. Num período de outono e inverno e na área metropolitana do Porto, estima-se que as crianças permaneçam cerca de 8 horas na escola e as restantes 16h do dia em sua casa. A abordagem aqui explorada difere dos trabalhos publicados anteriormente (Madureira, 2014) na medida em que estes não incluíram a preocupação em diferenciar os períodos de permanência em casa e na escola. Nesta abordagem inovadora são identificados e contabilizados o período de registo da qualidade do ar interior na escola e em casa. Estatisticamente foi implementado um filtro seletivo da base de dados e para permanência na escola contabilizou-se o período letivo de segunda a sexta-feira entre as 8h30m da manhã e as 16h30m da tarde e para permanência em casa contabilizou-se o período de registo da qualidade do ar interior de sábado a sexta-feira entre as 16h30m da tarde e as 8h30m da manhã seguinte.

O tratamento estatístico processou-se em três fases distintas: observação crítica e preparação prévia dos dados, análise descritiva e por fim a análise inferencial, onde se procedeu à realização de testes estatísticos de associação entre as variáveis do estudo. A análise estatística foi realizada com o programa SPSS versão 23 e todos os testes realizados neste estudo utilizaram um nível de significância de 0.05 ou 0.10.

Numa primeira análise foi feita a caracterização das variáveis da amostra e a identificação dos *outliers*. Nas figuras seguintes e a título de exemplo, apresentam-se alguns dos *boxplots* construídos sinalizando os *outliers* e os intervalos interquartis.

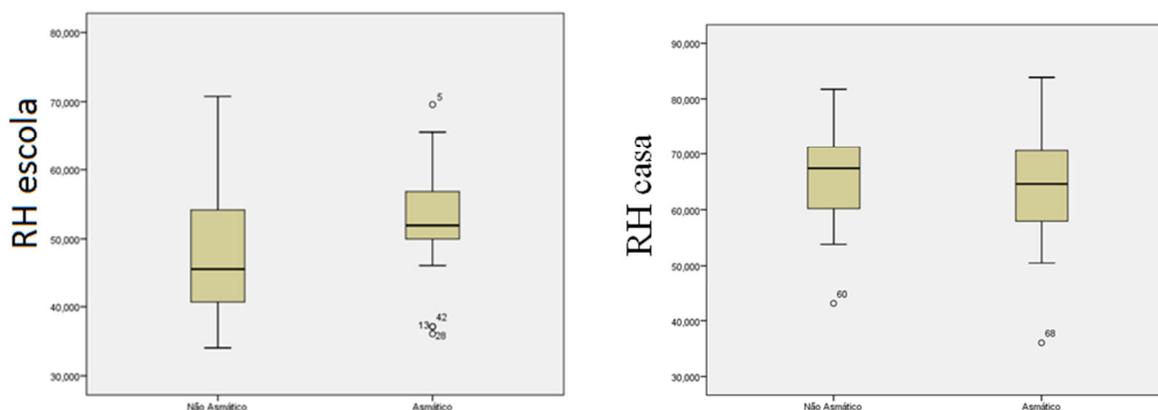


Fig. 1 - Comparação dos valores da humidade relativa (HR) na escola e em casa para crianças asmáticas e não-asmáticas.

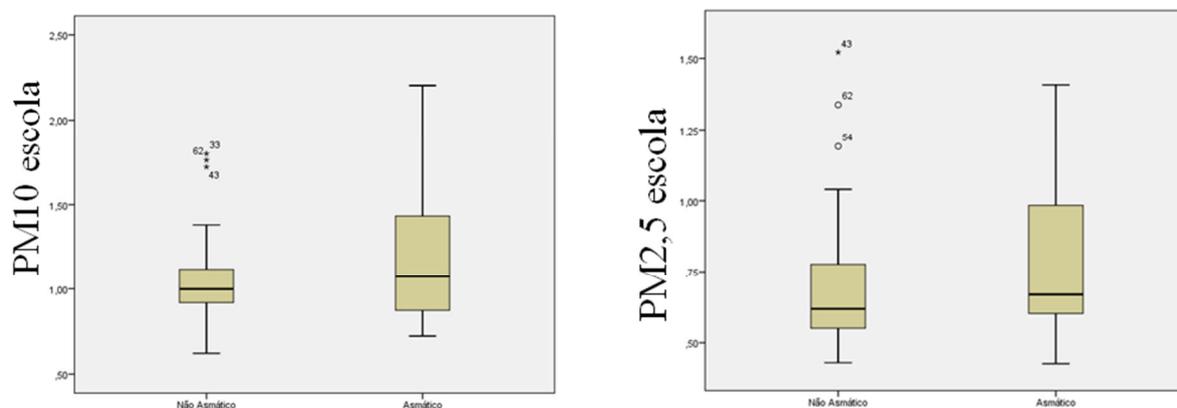


Fig. 2 - Distribuição das concentrações das partículas inaláveis em suspensão (PM_{2,5}) e (PM₁₀) na escola.

RESULTADOS

A análise de regressão logística permite relacionar a ocorrência de um evento (prevalência de asma) entre crianças expostas e não expostas a um determinado fator de risco. A regressão logística é usada quando temos uma variável dependente binária (asma e não asma). O objetivo é saber quais as variáveis independentes (fatores de risco) que influenciam o resultado (variável dependente). Este método estima os coeficientes de regressão que maximizam a probabilidade de encontrar as realizações da variável dependente (prevalência de asma) e a sua solução requer geralmente o emprego de um processo iterativo. Modelos multivariados são construídos por um método iterativo e para cada variável incorporada no modelo, define-se o valor p da regressão logística, o *odd ratio* (OR) e respetivo intervalo de confiança de 95% de OR (IC95%). Considerar os dados associados a uma criança para a construção do modelo final, exige que para essa criança as medições foram consideradas válidas para todos os parâmetros QAI. A título de exemplo e considerando as variáveis definidas pela Tabela 1, o método de Wald permite a construção de um modelo incorporando apenas as variáveis consideradas significativas, nomeadamente humidade relativa, exposição ao tetracloroetileno e ao benzeno para o ambiente interior escola. Os resultados para as variáveis apresentam-se na Tabela 2. A significância do teste Hosmer e Lemeshow foi de 0.473, indicando que o modelo está bem ajustado em que dos 68 casos em estudo, 93% foram considerados, isto é, dados relativos ao ambiente casa e escola de 63 crianças.

Tabela 1 - Variáveis selecionadas e respetivo valor p da regressão logística individual

		Valor p
Escola	CO ₂	0.099
	Humidade Relativa (%)	0.025
	Benzeno	0.013
	Tetracloroetileno	0.081
	Bactérias	0.088
Casa	Temperatura	0.079

Tabela 2 - Variáveis incorporadas no modelo multivariado sem tratamento de outliers e sem filtro e respetivos valores p, OR e intervalos de confiança (IC_{95%})

		Valor p ¹	OR	IC _{95%}	
				LI	LS
Escola	Humidade Relativa (%)	0.037	1.076	1.005	1.153
	Tetracloroetileno (µg/m ³ · h)	0.011	0.744	0.593	0.934
	Benzeno (µg/m ³ · h)	0.062	0.945	0.891	1.003

¹Valor p ou significância da regressão logística

CONCLUSÕES

Este trabalho insere-se na área de investigação da associação entre a qualidade ar em ambientes fechados e consequentes efeitos na saúde, com o objetivo de melhorar o diagnóstico de doenças respiratórias e elaborar meios e ferramentas para caracterizar, tipificar e controlar as causas e fontes de poluição do ar na atual ambiente construído e criar instrumentos adequados a futuras intervenções com preocupações de saúde. Foram

encontradas associações entre o risco de asma e os parâmetros em estudo, sendo, para o ambiente casa, temperatura e exposição ao CO e, para o ambiente escola, a humidade relativa, taxa de ventilação e exposições ao benzeno, tetracloroetileno, PM_{2.5} e CO. Estas associações foram observadas em diversos dos modelos criados o que vem reforçar e dar consistência à análise.

A poluição do ar constitui um problema de saúde com reflexos a curto e longo prazo. Concretamente para crianças, pelo tempo de permanência nos espaços interiores casa e escola, torna-se essencial entender e identificar relações de exposição a poluentes e problemas de saúde. Sendo a asma uma doença comum em crianças, este estudo focou-se em investigar possíveis associações entre a qualidade do ar interior nos ambientes casa e escola e a prevalência de asma em crianças de idade escolar. A dificuldade inerente à poluição do ar, onde existem inúmeros poluentes provenientes de um vasto leque de fontes, acrescida da complexidade da doença asma, com largo período de desenvolvimento e ainda pouco explorada na literatura, levam a conclusões aparentemente contraditórias e de difícil justificação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o financiamento pela FCT, Portugal, da unidade de investigação de LAETA-INEGI, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, bem como o financiamento do projeto NORTE-01-0145-FEDER-000010 - saúde, conforto e energia no construído ambiente (HEBE), co-financiado pelo Programa Operacional Regional do Norte (NORTE2020), através do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER). Agradecimentos são também devidos ao Professor Oliveira Fernandes e à Dra. Joana Madureira responsáveis por criar as condições para a recolha dos dados aqui analisados.

REFERÊNCIAS

- [1]-Annesi-Maesano, I., Baiz, N., Banerjee, S., Rudnai, P., Rive, S. & The Sinfonie, G. 2013. Indoor air quality and sources in schools and related health effects. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev*, 16, 491-550.
- [2]-Etzel, R. A. 2007. Indoor and outdoor air pollution: Tobacco smoke, moulds and diseases in infants and children. *International J.f Hygiene and Environmental Health*, 210, 611-616.
- [3]-Ferreira, G.M.F. 2017. Associação entre qualidade do ar interior e prevalência de asma em crianças - regressão logística multivariada. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, FEUP, Universidade do Porto, Portugal.
- [4]-Oliveira Fernandes, E., Gustafsson, H., Seppänen, O., Crump, D. & Ventura Silva, G. 2008. WP3 Final Report on Characterization of Spaces and Sources. EnVIE Project. Brussels: European Commission 6th Framework Programme of Research.
- [5]-Sun, Y., Varnel, G. & Sundell, J. An on-going study on home environment and asthma and allergy among children in North East Texas, USA. Syracuse, NY USA: 9th International Conference Healthy Buildings 2009.
- [6]-Zhao, Z. H., Zhang, Z., Wang, Z. H., Ferm, M., Liang, Y. L. & Norbäck, D. 2008. Asthmatic symptoms among pupils in relation to winter indoor and outdoor air pollution in schools in Taiyuan, China. *Environmental Health Perspectives*, 116, 90-97.

PROCEEDINGS CLME2017 / V CEM

**8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia
V Congresso de Engenharia de Moçambique
Maputo (Moçambique), 4-8 Setembro 2017**

SIMPÓSIO-3

Inspeção, Diagnóstico, Manutenção e Reabilitação do Edificado

Coordenadores

João Lanzinha^{1(*)} e Eduardo Linhares Qualharini^{2(*)}

¹Universidade da Beira Interior (UBI), Covilhã, Portugal

²Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasi

^(*)Editores Associados para os artigos deste Simpósio

ARTIGO REF: 6496

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO DE DESLOCAMENTOS EM ESTRUTURAS

Rafael Mabunda^(*), Américo Dimande

Laboratório de Engenharia de Moçambique, Depart. de Materiais de Construção e Estruturas,
Maputo, Moçambique

^(*)*Email: rafmabunda@outlook.com*

RESUMO

No presente artigo é apresentada a concepção de um sistema de monitorização de deslocamentos lineares, desenvolvido pelo Laboratório de Engenharia de Moçambique (LEM), com vista à obtenção de parâmetros relevantes para a avaliação da segurança de estruturas como sejam: pontes, edifícios ou elementos estruturais singulares. O sistema desenvolvido foi aplicado, a um caso concreto de obra, onde levantaram-se dúvidas quanto à estabilidade de uma viga metálica ancorada sob a laje de cobertura da unidade de radioterapia do Hospital Central de Maputo com recurso a buchas químicas.

INTRODUÇÃO

Os sistemas de monitorização estrutural tornam-se cada vez mais relevantes nas situações em que são adoptados novos materiais, técnicas de construção inovadoras ou quando existem dificuldades na definição de critérios de segurança e das condições de ligação e de interação entre diferentes materiais constituintes da estrutura [Félix, 2004].

A monitorização estrutural seja, em fase de construção, de exploração ou em caso de acidente de uma determinada estrutura, consiste na aplicação de um conjunto de sensores de medição e na avaliação do comportamento estrutural global e local com vista a realizar o diagnóstico ou avaliar a segurança estrutural das obras. Do conjunto de grandezas caracterizadoras do comportamento global da estrutura destaca-se a medição dos deslocamentos lineares, como é o caso de flechas, conseguida por aplicação de transdutores mecânicos, capacitivos, indutivos ou resistivos. Recentemente, sensores de fibra óptica têm sido aplicados no desenvolvimento de sensores de deslocamentos.

O Laboratório de Engenharia de Moçambique tem realizado um vasto leque de programas de investigação com vista ao desenvolvimento de soluções inovadoras para responder às questões colocadas pela comunidade científica nacional e internacional e, pela indústria da construção. No presente artigo é apresentado um sistema de monitorização de deslocamento projectado e construído pelo LEM para a monitorização automática de deslocamentos em estruturas. O sistema desenvolvido foi aplicado a um caso real de obra, Hospital Central de Maputo, na avaliação da estabilidade e segurança de uma viga metálica ancorada sob uma laje de cobertura com recurso à buchas químicas. Para o efeito, foi conduzido um ensaio de carga estático onde foram registados os diversos níveis de carga materializados por meio de blocos de chumbo e, as flechas correspondentes, medidas ao nível da laje e da viga

DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO DE DESLOCAMENTOS

O Sistema de medição de deslocamento desenvolvido comporta um transdutor de deslocamentos analógico linear da série JX-P420 [UniMeasure] com proteção ambiental IP-65, uma base e um braço que confere ao sistema um campo de medida de 65 mm, ajustável até o máximo de 2000mm, com uma resolução infinita. A este sistema é acoplado uma massa cilíndrica de aço presa na extremidade de um cabo, igualmente, em aço fixado na estrutura, no ponto onde se pretende medir o deslocamento. O transdutor funciona com referência de medição ao solo.

A aquisição e o envio dos registos para o computador são feitos por meio de um *datalogger* NI-cDAQ-9178 da *National Instruments*. O processamento, a visualização gráfica e o armazenamento dos registos são realizados numa aplicação desenvolvida em LabView. O software LabView, para além de tornar fácil a implementação da interface gráfica, possibilita de uma forma intuitiva a monitorização e visualização dos dados em tempo real. Por outro lado, o *dataLogger* é constituído por um chassis que permite a inserção e leitura automática e simultânea do sinal proveniente dos diversos módulos. Esta particularidade confere ao sistema de monitorização a leitura de diversas grandezas de interesse para a monitorização estrutural, como sejam deslocamentos, rotações, temperaturas, acelerações, extensões e forças. A Figura 1 apresenta a descrição do sistema de medição de deslocamentos desenvolvido e na Tabela 1 são ilustrados os principais componentes do sistema. Nas Figuras 2 e 3 apresentam-se, respectivamente, o código desenvolvido em linguagem LabView e a interface gráfica que permite efectuar o tratamento, o armazenamento e a visualização dos registos em tempo real.

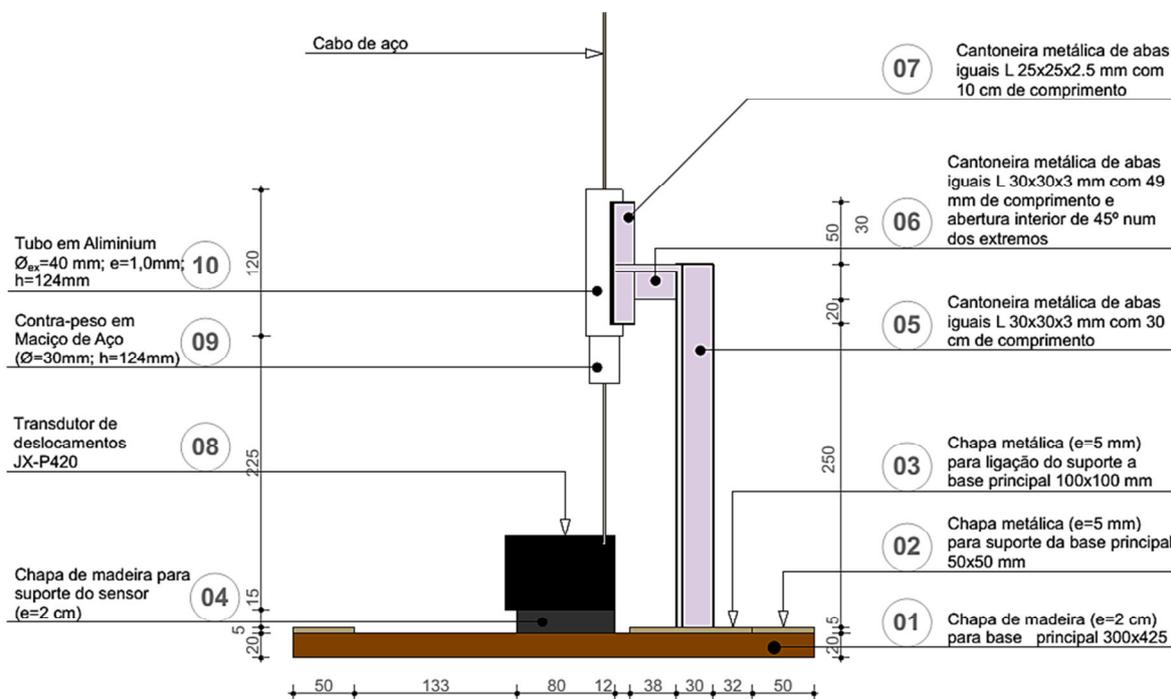
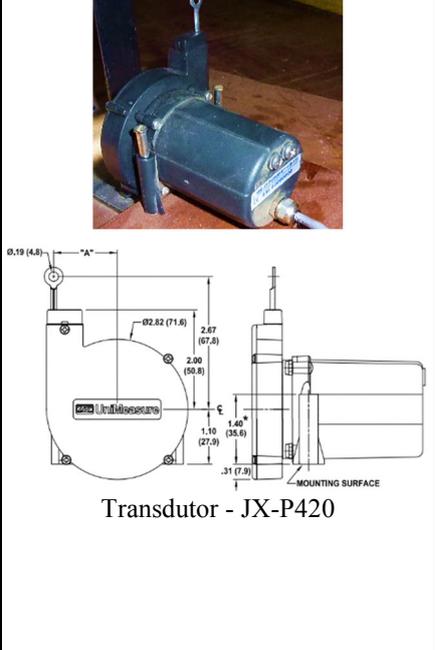
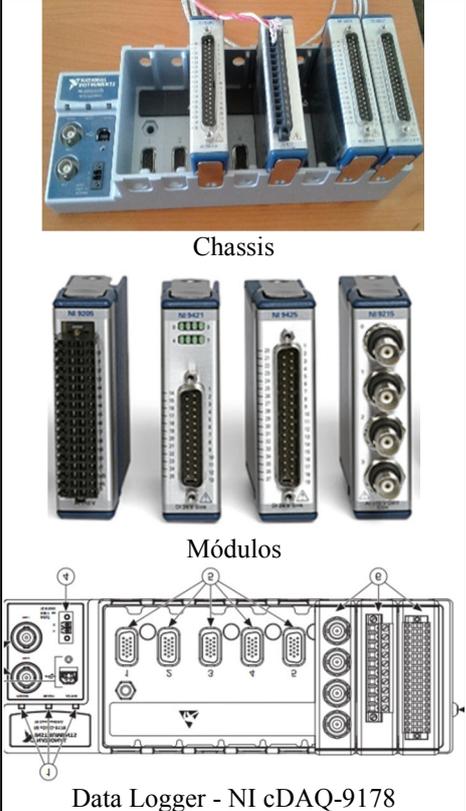


Fig. 1 - Descrição do transdutor para medição dos deslocamentos lineares

Tabela 1 - Principais componentes do sistema de medição de deslocamentos

Transdutor de deslocamentos	Aquisição do sinal	Processamento, armazenamento e visualização
 <p>Transdutor - JX-P420</p>	 <p>Chassis</p> <p>Módulos</p> <p>Data Logger - NI cDAQ-9178</p>	 <p>Computador</p>

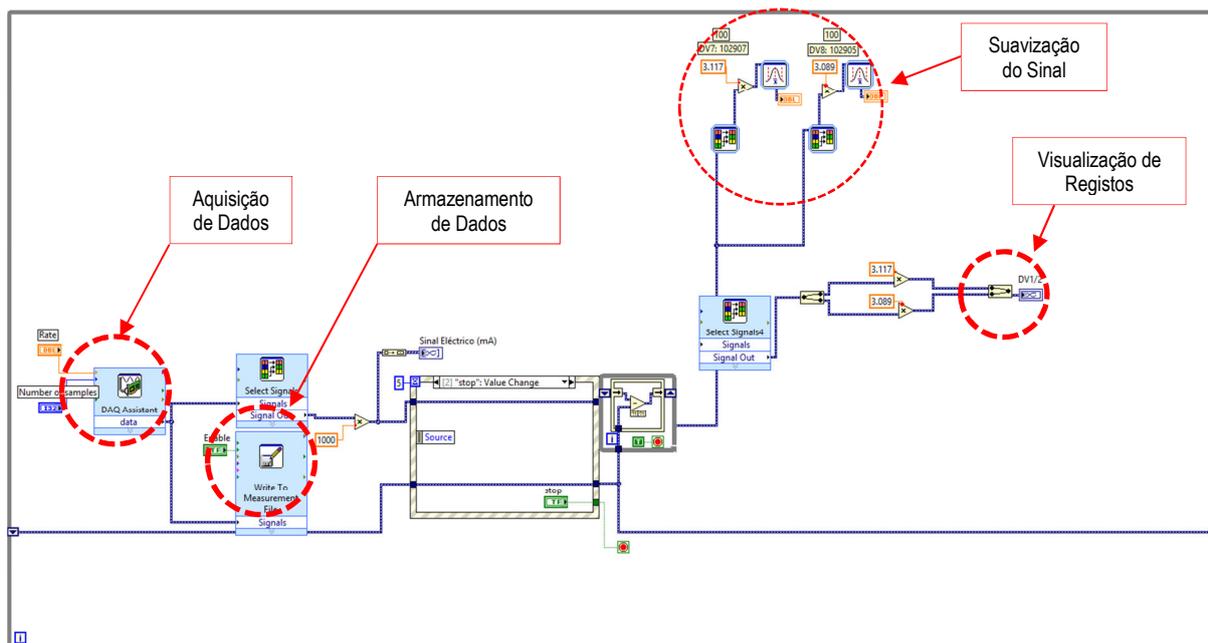


Fig. 2 - Linhas de programação em LabView.

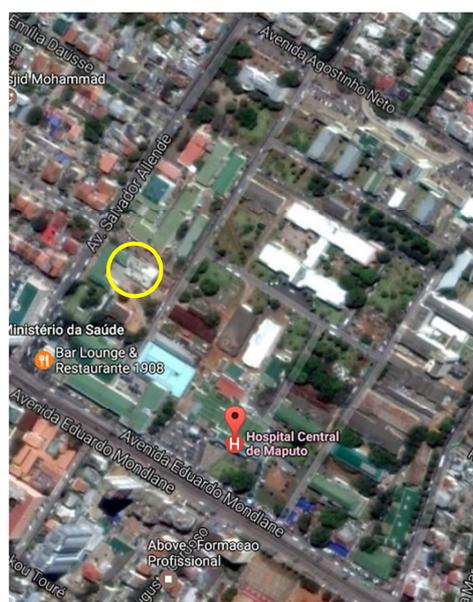


Fig. 3 - Interface gráfica para visualização de registos em tempo real

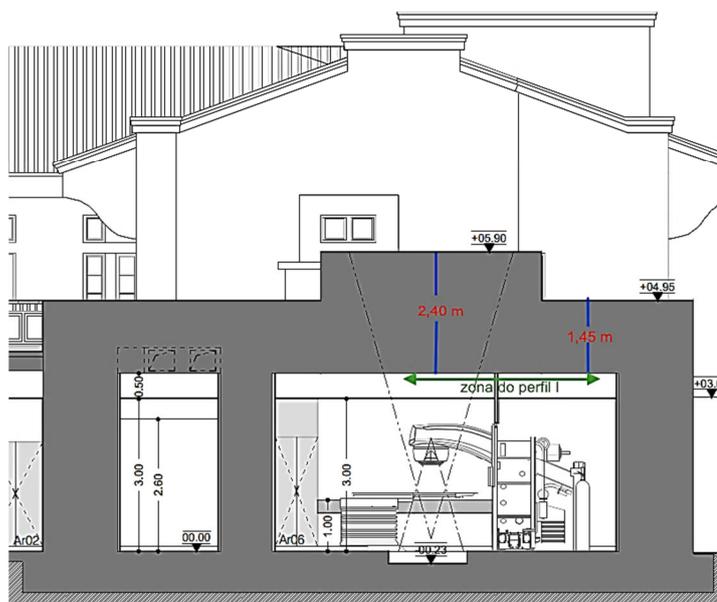
APLICAÇÃO A UM CASO CONCRETO DE OBRA

Ensaio de carga no edifício de radioterapia do Hospital Central de Maputo

As instalações de serviço de radioterapia encontram-se no recinto do Hospital Central de Maputo (HCM) no serviço de Oncologia (Vide Figura 4a). Estruturalmente, o edifício é essencialmente composto por paredes e lajes de betão armado com espessuras significativas, conforme ilustrado na Figura 4b. A laje de cobertura, no compartimento onde será instalado o aparelho de radioterapia, apresenta espessuras variáveis de 1.45m e 2.40m, sendo que a zona mais espessa corresponde à área de influência dos raios emitidos pela máquina de radioterapia.



a) Localização em planta da obra no recinto do HCM



b) Secção transversal do edifício de radioterapia; indicação da zona de instalação da viga em perfil "P".

Fig. 4 - Localização da unidade oncológica do HCM e ilustração da zona de instalação do equipamento de radioterapia

O ensaio de carga foi conduzido sobre uma viga metálica em perfil “I”, referência UB203x133x25, instalada sob a laje de cobertura para servir de auxílio ao processo de montagem da máquina de radioterapia. A viga foi fixada na laje por meio de ancoragens em buchas químicas tipo *Fisher RM 16*. A viga metálica tem a finalidade de funcionar como base de suporte dum sistema de carris (carga móvel) para auxiliar a elevação e posicionamento dos componentes do equipamento de radioterapia, durante a fase da sua instalação. O ensaio de carga teve como objectivo avaliar a eficácia e segurança estrutural das ancoragens e a deformabilidade do conjunto laje-viga.

Longitudinalmente, as buchas encontram-se distribuídas em pares, espaçados de 50 cm. A Tabela 2 apresenta as características da viga metálica e dos elementos de fixação à laje

Tabela 2 - Características da viga metálica e do sistema de buchas químicas.

Elemento da estrutura	Característica
Viga metálica	Perfil I UB 203x133x25
Pernos de fixação	Parafusos RG M16
Buchas químicas	Fisher RM 16
Espaçamento entre pernos	50 cm
Espessura da laje	1.45 m a 2.4 m
Vão da laje	10 x 10 m
Classe de resistência do Betão	B25

VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE DA VIGA METÁLICA

Foram realizados estudos teóricos para avaliar a estabilidade e a segurança do funcionamento da viga metálica de suporte do equipamento de radioterapia. Estes estudos consistiram na verificação da segurança para as situações seguintes:

- (i) Estado limite de deformação da laje de cobertura de betão onde foi fixada a viga metálica;
- (ii) Limites de tensões e deformação da viga metálica;
- (iii) Estados limites últimos de resistência à tracção da ancoragem.

Verificação do estado limite de deformação da laje

A verificação do estado limite de deformação consistiu na comparação entre os valores obtidos por meio de cálculos teóricos e os limites de deformação preconizados no REBAP.

A determinação numérica da deformação vertical na laje devido às cargas sobre a viga metálica foi feita com recurso ao Software de cálculo *Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2016*. A análise pelo modelo numérico foi levada a cabo, considerando duas situações de carregamento distintas, nomeadamente: i) actuação do peso próprio (laje e da viga); e, ii) actuação simultânea do peso próprio e de uma carga móvel de 3 toneladas ao longo da viga metálica. Na Figura 5 apresenta-se o mapa de cores da deformada da laje para a situação de carregamento que conduziu à flecha máxima na laje.

Refira-se que para o desenvolvimento do modelo da laje foram consideradas conservativamente as seguintes características: i) espessura igual a 145 cm; ii) classe de resistência do betão: B25; iii) condições de fronteira da laje apoiada ao longo dos bordos. A laje foi discretizada por uma malha de elementos finitos quadrada de 0.25m de aresta e a viga metálica com elementos de barra. Para a avaliação da flecha a longo prazo foi considerado um coeficiente de fluência, $\psi_c = 2.5$.

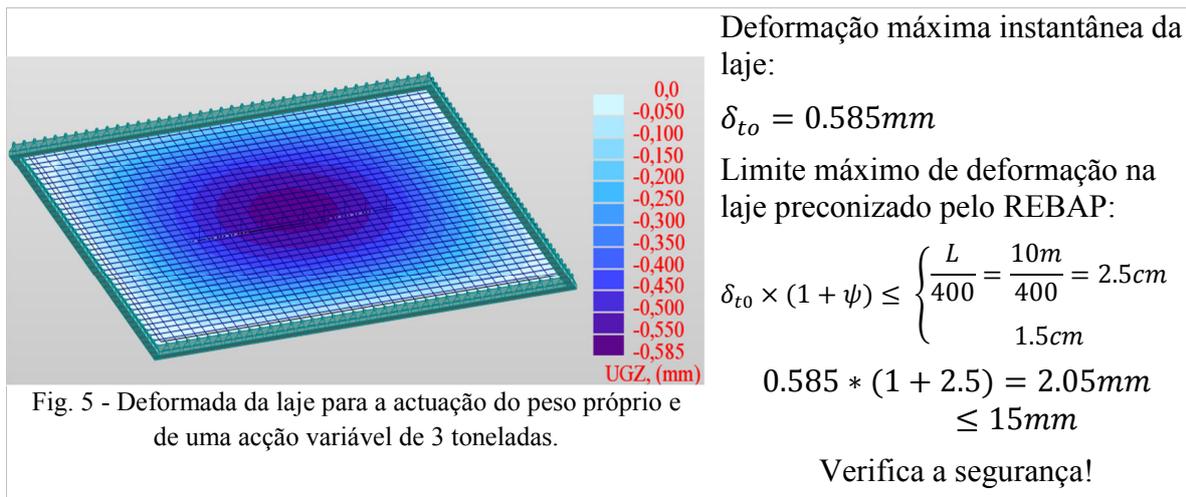


Fig. 5 - Deformada da laje para a actuação do peso próprio e de uma acção variável de 3 toneladas.

Verificação das tensões e deformações na viga metálica

A verificação das tensões instaladas e do estado limite de deformação na viga foi feita, determinando o efeito de carga de 3 toneladas quando esta é movimentada de uma extremidade da viga metálica para a outra. A acção desta carga é reflectida sobre o banzo inferior da viga metálica. Para as condições de carregamento estabelecidas foi, igualmente verificada a segurança dos banzos ao esforço de flexão, e das almas ao esforço de tracção.

a) Verificação da flecha ao longo da viga

Com base no modelo numérico desenvolvido foi possível avaliar a envolvente dos deslocamentos verticais na viga metálica. No modelo, considerou-se que a viga está apoiada nos pontos de fixação à laje e que estes distam de 50 cm, tendo as extremidades em consola um comprimento de 25 cm. Nesta análise, considerou-se a laje indeformável, pelo que os pontos de fixação da viga metálica não experimentam deslocamentos.

Atendendo somente a parte inferior da envolvente, pela indeformabilidade da laje, o valor máximo da flecha obtida foi de 0.008 mm (ver Figura 5). Este valor ocorre no segundo tramo da viga metálica.

A partir da comparação entre o valor máximo do deslocamento e o preconizado no REAE que a seguir apresenta-se, é verificada a segurança.

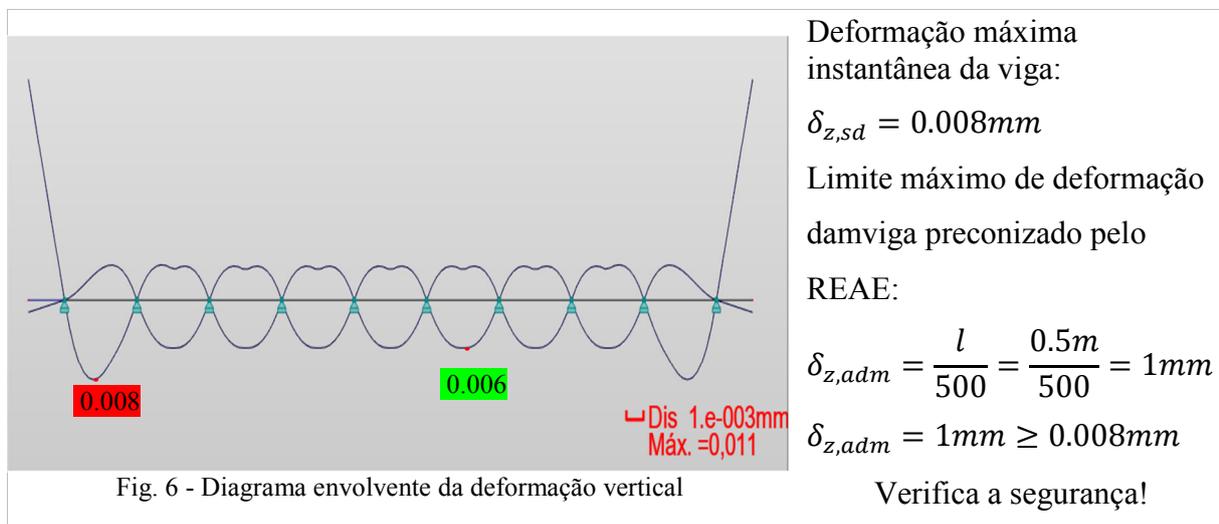


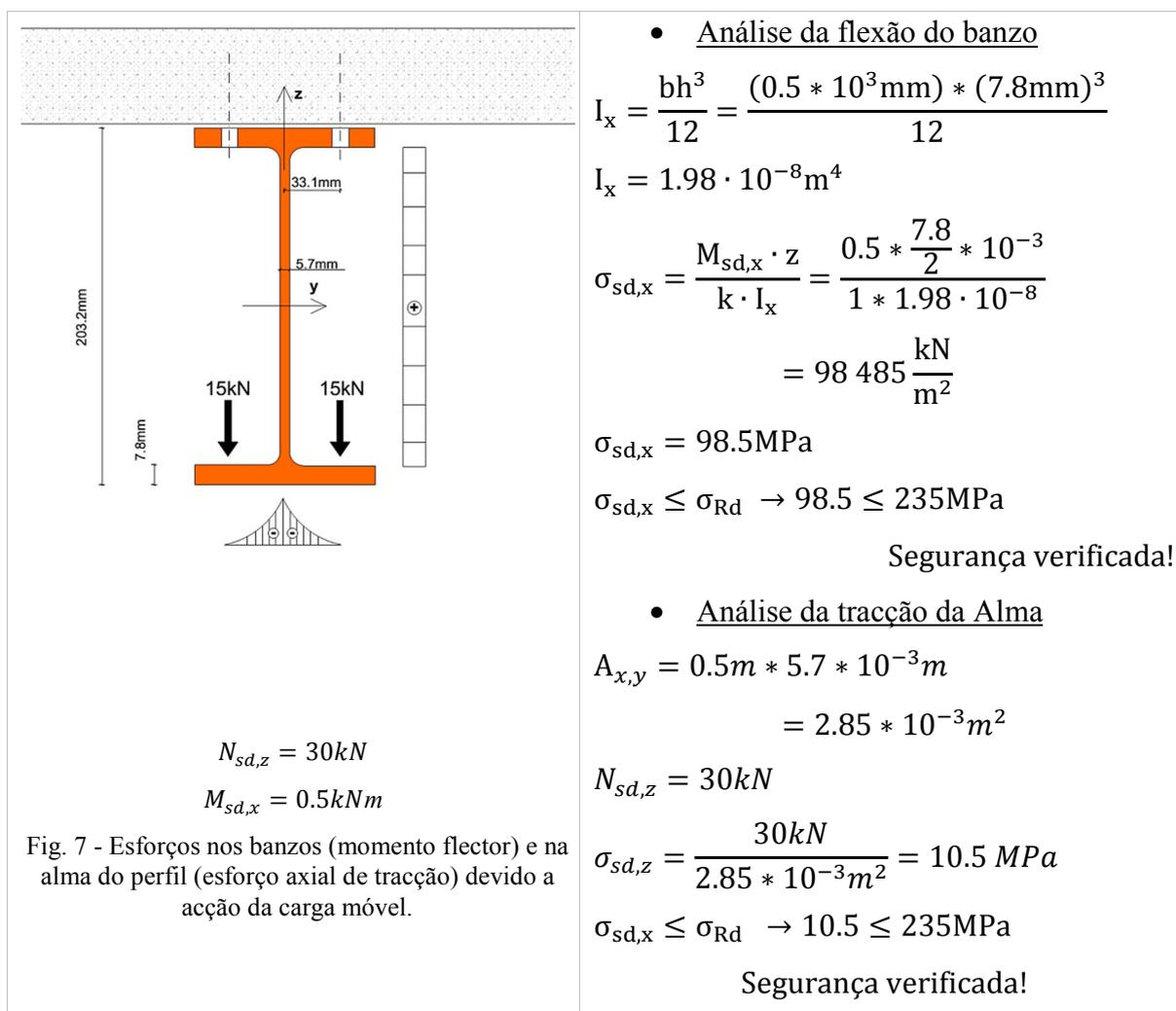
Fig. 6 - Diagrama envolvente da deformação vertical

b) Verificação de tensões instaladas nos banzos e na alma da viga

A verificação em termos de tensões admissíveis no aço da viga foi feita tendo em conta as condições de carga estabelecidas para a viga e as condições de fonteira.

Foi considerada uma largura de influência para cada ponto de fixação da viga à laje de 0.5 m, correspondente à distância entre as buchas ao longo do comprimento da viga.

Atendendo às condições de aplicação de carga (ver Figura 7) foi feita a verificação da segurança dos banzos e da alma da viga. Nos banzos verificaram-se as tensões induzidas devido à flexão das suas abas. Na alma verificaram-se as tensões induzidas devido ao efeito de tracção quando a linha de acção da resultante de carga rolante se encontra sobre os pontos de fixação da viga na laje.



A verificação da segurança à flexão do banzo e à tracção da alma da viga é satisfeita.

Verificação da Segurança da ancoragem da viga metálica à laje de betão

A verificação da resistência da ancoragem aos estados limites últimos foi feita de acordo com a metodologia preconizada pelo *European Technical Report TR 029*.

Para a análise foi considerada que a ancoragem encontra-se sujeita unicamente a um esforço de tracção total de 30kN (≈ 3 toneladas) e que cada chumbador deve resistir à metade dessa acção. Para o efeito, foram considerados três cenários possíveis de falha da ligação da viga à

laje, nomeadamente: i) rotura por tracção do perno de fixação; ii) rotura cónica do betão combinada com o arranque do perno; iii) rotura cónica do betão e fendilhação do betão.

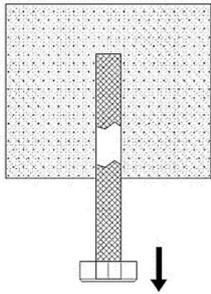
De acordo com a ficha técnica aprovada pela ETA-08/0010 os valores característicos da resistência de ancoragens tipo Fisher RM são dados em função do diâmetro e tipo de aço do perno de ancoragem. Para um perno de 16mm de diâmetro, em aço galvanizado os valores característicos de resistência da ancoragem constam na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores característico de resistência à tracção do chumbador RM 16

Esforço resistente do perno M 16 $N_{Rk,s}$ [kN]	Factor de segurança $\gamma_{Ms}; \gamma_{Mc}$ $\gamma_{Mp}; \gamma_{Msp}$	Diâmetro de cálculo d [mm]	Profundidade efectiva de ancoragem h_{ef} [mm]	Tensão tangencial resistente da cápsula RM 16 $\tau_{Rk,ucr}$ [N/mm ²]
82	1.5	16	125	7.5

a) Verificação da rotura do perno de ancoragem

A verificação da rotura do perno por tracção foi feita para a situação mais desfavorável ou seja para o perno a suportar individualmente um esforço de tracção de 15 kN. Para ter em conta eventuais desvios no alinhamento vertical do perno foi considerado um factor multiplicador de 1.15.



$N_{Sd} = 15\text{kN} * 1.15$

$$N_{Sd} \leq N_{Rd,s}$$

$$N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} = \frac{82}{1.5} = 54.67\text{kN}$$

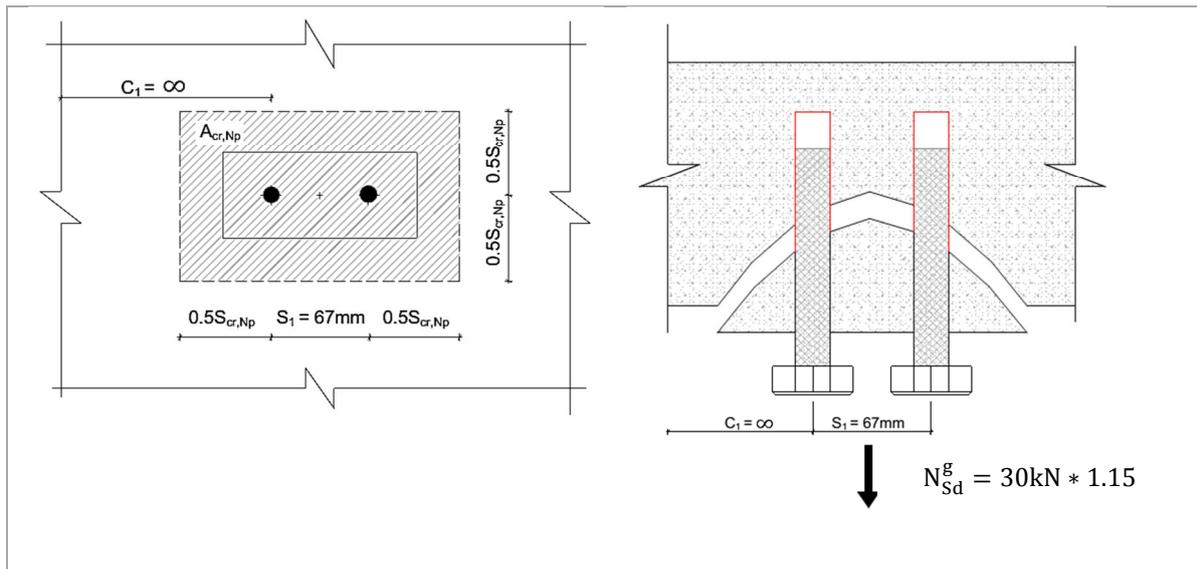
$$N_{Sd} = 17.25\text{kN} \rightarrow 17.25\text{kN} \leq 54.67$$

$$\beta_{N,s} = \frac{N_{Sd,s}}{N_{Rd,s}} = \frac{17.25}{54.8} = 0.315$$

Segurança verificada com capacidade resistente explorada em apenas $\beta_{N,s} = 31.5\%$

b) Verificação da rotura cónica do betão combinada com o arranque do perno

Esta verificação foi levada a cabo, considerando o efeito do grupo dos pernos na resistência da ancoragem e que a rotura dá-se pelo betão combinada com o escorregamento da ancoragem. Neste caso, o esforço máximo absorvido pela ancoragem é de 30kN.



$$N_{Sd}^g \leq N_{Rd,p}; \quad N_{Rd,p} = \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}}$$

$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \psi_{S,Np} \cdot \psi_{g,Np} \cdot \psi_{ec,Np} \cdot \psi_{re,Np}$$

$$N_{Rk,p}^0 = \pi \cdot d \cdot h_{ef} \cdot \tau_{Rk,ucr} = \pi \cdot 16\text{mm} \cdot 125\text{mm} \cdot 7.5\text{kN/mm}^2 = 47.12\text{kN}$$

$$A_{p,N}^0 = (S_{cr,Np})^2 = (320\text{mm})^2 = 102400\text{mm}^2$$

$$A_{p,N} = (S_1 + S_{cr,Np}) \cdot S_{cr,Np} = (67\text{mm} + 320\text{mm}) \cdot 320\text{mm} = 123840\text{mm}^2$$

$$S_{cr,Np} = 20 \cdot d \cdot \left(\frac{\tau_{Rk,ucr}}{7.5}\right)^{0.5} \leq 3 \cdot h_{ef} \rightarrow S_{cr,Np} = 320\text{mm}$$

$$C_{cr,Np} = \frac{S_{cr,Np}}{2} = 160\text{mm}$$

$$N_{Rk,p} = 47.12 \cdot \frac{123840}{102400} \cdot 1.00 \cdot 1.10 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \rightarrow N_{Rk,p} = 62.68\text{kN}$$

$$N_{Rd,p} = \frac{62.68}{1.5} = 41.79\text{kN} \rightarrow N_{Sd}^g \leq N_{Rd,p} \rightarrow 34.5 \leq 41.79$$

segurança verifica com capacidade resistente explorada em $\beta_{N,p} = 82.6\%$

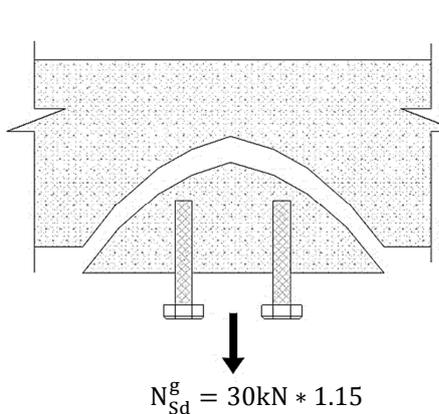
Factores de cálculos

<p>Factor que tem em conta a perturbação na distribuição da tensão no betão devido a distância da ancoragem ao bordo do elemento em betão</p> $\psi_{S,Np} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{C_1}{C_{cr,Np}} \leq 1;$ $\psi_{S,Np} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{\infty}{160} \leq 1; \quad \psi_{S,Np} = 1$	<p>Factor que tem em conta a densidade do reforço, isto é, a profundidade de ancoragem</p> $\psi_{re,Np} = 0.5 + \frac{h_{ef}}{200} \leq 1$ $\psi_{re,Np} = 0.5 + \frac{125}{200} \leq 1; \quad \psi_{re,Np} = 1$
<p>Factor que tem em conta o efeito do grupo quando actuam valores diferentes de esforço de tracção nas diferentes ancoragens.</p> $\psi_{ec,Np} = \frac{1}{1 + \frac{2e_N}{S_{cr,Np}}} \leq 1$ <p>e_N – excentricidade da força</p> $\psi_{ec,Np} = \frac{1}{1 + 0/320} = 1$	<p>Factor que tem em conta o efeito de grupo</p> $\psi_{g,Np} = \psi_{g,Np}^0 - \left(\frac{S}{S_{cr,Np}}\right)^{0.5} \cdot (\psi_{g,Np}^0 - 1) \geq 1$ $\psi_{g,Np}^0 = \sqrt{n} - (\sqrt{n} - 1) \cdot \left(\frac{d \cdot \tau_{Rk,ucr}}{k \cdot \sqrt{h_{ef} \cdot f_{ck,cube}}}\right)^{1.5} \geq 1$ $\psi_{g,Np}^0 = \sqrt{2} - (\sqrt{2} - 1) \cdot \left(\frac{16 \cdot 7.5}{3.2 \cdot \sqrt{125 \cdot 25}}\right)^{1.5} \geq 1$

$\Psi_{ec,Np} = 1$	$\Psi_{g,Np}^0 = 1.19$ $\Psi_{g,Np} = 1.19 - \left(\frac{65}{320}\right)^{0.5} \cdot (1.19 - 1) \geq 1$ $\Psi_{g,Np} = 1.10$
--------------------	--

c) Rotura cónica do betão

Do modo semelhante foi considerado nesta verificação o efeito de grupo das ancoragens.

 <p style="text-align: center;">$N_{Sd}^g = 30\text{kN} \cdot 1.15$</p>	$N_{Sd}^g \leq N_{Rd,p}; \quad N_{Rd,p} = \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}}$ $N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \Psi_{S,N} \cdot \Psi_{ec,N} \cdot \Psi_{re,N}$ $N_{Rk,p}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot h_{ef}^{1.5}$ $k_1 = 7.2$ se o betão for fendilhado e $k_1 = 10.1$ se não for $N_{Rk,p}^0 = 10.1 \cdot \sqrt{25} \cdot 125^{1.5} = 70.57\text{kN}$ $S_{cr,Np} = 320\text{mm}; \quad A_{p,N}^0 = 102400\text{mm}^2; \quad A_{p,N} = 123840\text{mm}^2$ $N_{Rk,p} = 70.57\text{kN} \cdot \frac{123840}{102400} \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 1.00 = 85.35\text{kN}$ $N_{Rd,p} = \frac{85.35}{1.5} = 56.9\text{kN}$ $N_{Sd}^g \leq N_{Rd,p} \rightarrow 34.5 \leq 56.9\text{kN}$ Segurança verificada com resistência explorada em $\beta_{N,p} = 60.6\%$
--	--

Factores de cálculos

Factor que tem em conta o efeito do grupo quando actuam valores diferentes de esforço de tracção nas diferentes ancoragens. $\Psi_{ec,Np} = \frac{1}{1 + \frac{2e_N}{S_{cr,Np}}} \leq 1;$ $\Psi_{ec,Np} = \frac{1}{1 + 0/320} = 1$	Factor que tem em conta a densidade do reforço, isto é, a profundidade de ancoragem $\Psi_{re,N} = 0.5 + \frac{h_{ef}}{200} \leq 1; \quad \Psi_{re,N} = 1$ Factor que tem em conta a perturbação da distribuição da tensão no betão devido a distância da ancoragem ao bordo do elemento em betão $\Psi_{S,N} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{C_1}{C_{cr,N}} \leq 1; \quad \Psi_{S,N} = 1$
--	---

A segurança nas zonas de ancoragens é completamente satisfeita tanto para a situação de possível falha pelo betão ou pelo perno de ancoragem bem como pelo escorregamento da interface betão perno.

ENSAIO DE INTEGRIDADE DAS BUNCHAS QUÍMICAS - FISHER RM 16

De modo a investigar a eficiência da ligação viga-laje por meio de adesivo químico foi conduzido em laboratório um ensaio de arrancamento por tracção directa de duas amostras do chumbador químico RM16.. As amostras foram preparadas e ensaiadas pelo LEM.

Prepararam-se dois (2) provetes prismáticos de betão com dimensões de 15x15x25cm com uma resistência da classe B30.

O perno de ancoragem RG M16 foi instalado no centro da aresta de 15x15cm do provete, precedido de:

1. Abertura do furo de 18mm de diâmetro e 125mm de profundidade com recurso a um berbequim;
2. Limpeza do pó no interior do furo por meio de jato de água e posterior secagem com pistola de ar quente;
3. Colocação do adesivo químico e fixação do perno por meio de rotação manual.

O tempo de cura estabelecido foi de 2h e 30min.

O ensaio de tracção directa foi levado a cabo numa prensa universal e obteve-se como resultados de rotura os valores apresentados na Tabela 4.

Tabela 1 - Resultados do ensaio de arranque por tracção directa de pernos de ancoragem

Provete	Carga de rotura [kN]	Modo de rotura
1	74.0	Fendilhação do betão
2	71.5	

Na Fig. 8 são ilustrados os modos de rotura observados, caracterizados pela rotura pelo betão. Da Tabela 1 é possível verificar que a força máxima de arrancamento do perno é superior a 70kN, sendo também superior à carga máxima estabelecida para a viga de 30kN (3 toneladas). Neste sentido, é aprovada a utilização deste sistema de ancoragem, devendo a instalação seguir rigorosamente as especificações do fabricante.

É de salientar que eventuais desvios entre a verticalidade do perno em relação à superfície horizontal do provete terão introduzido forças de desvio que terão contribuído para a fendilhação do betão. Essas situações contribuíram negativamente para a resistência, contudo, os resultados obtidos foram satisfatórios.



Fig. 8 - Ensaio de arrancamento do perno: modo de rotura observado por fendilhação do betão.

ENSAIO DE CARGA E ANÁLISE DA SEGURANÇA GLOBAL DA VIGA DE MONTAGEM DO APARELHO DE RADIOTERAPIA

Após o estudo atrás descrito conduziu-se em obra o ensaio de carga com o objectivo de avaliar as flechas instaladas na viga metálica e na laje para diferentes patamares de carregamento.

Foram instalados dois transdutores eléctricos para medição de deslocamentos verticais num ponto da laje e da viga. Na viga o transdutor foi instalado no segundo tramo onde com o modelo numérico obteve-se a maior flecha (ver Fig. 6). Os transdutores foram instalados tendo como referência o pavimento (vide Fig. 9).

O sistema de carregamento adaptado foi constituído por uma grelha metálica que serviu de base para carregar blocos maciços de chumbo de 15.5kg de peso cada, um sistema de roletes inseridos sobre o banzo inferior da viga metálica e um conjunto de correntes de aço para suspender a carga da grelha metálica ao conjunto de roletes.



Fig. 9 - Sistema de medição das deformações na viga e na laje durante a condução do ensaio de carga

Metodologia do Ensaio

O ensaio foi conduzido em quatro fases. Em cada fase foram adicionados blocos de chumbado até atingir o nível de carga desejado e de seguida a carga foi movimentada de uma extremidade da viga para a outra por forma a avaliar o efeito desta sobre os deslocamentos para diferentes posições.

No total foram feitos 4 patamares de carga até atingir-se a carga máxima de 3022,5kg.

A Tabela 5 apresenta o procedimento de carga adoptado e os níveis de carregamento para cada fase.

Tabela 2 - Carga Suspensa em cada fase do ensaio de carga

Fase do ensaio	Número de blocos de chumbo com 15.5kg	Carga suspensa (kg)
1ª	50	775,0
2ª	50+50	1 550,0
3ª	50+50+50	2 325,0
4ª	50+50+50+45	3 022,5

Resultados do Ensaio

A Tabela 6 apresenta os resultados obtidos do ensaio de carga realizado. O valor máximo da flecha na viga foi de 0.0074 mm. Na Fig. 10 apresenta-se a relação entre a carga e os deslocamentos absolutos observados.

Tabela 6 - Resultados do ensaio de carga: valores máximos de flecha na viga

Fase do ensaio	Carga suspensa (kg)	Flecha máxima absoluta (mm)
1ª	775.0	0.0018
2ª	1550.0	0.0036
3ª	2325.0	0.0058
4ª	3022.5	0.0074

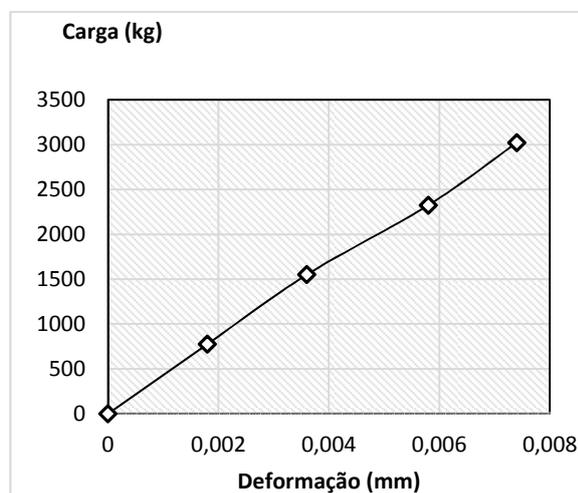


Fig.10 - Relação entre a carga e os deslocamentos absolutos

A relação entre carga e deformação apresenta um desenvolvimento aproximadamente linear.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

Feita a análise da segurança estrutural da viga que irá servir de auxílio à montagem do equipamento de radioterapia. Foram tiradas as seguintes conclusões:

- A laje onde foi afixada a viga absorve de forma satisfatória os esforços induzidos;
- As buchas químicas aplicadas na obra, do tipo RM 16, apresentam boa aderência bem como resistência mecânica;
- A viga em perfil I metálico face à carga móvel de ordem de 3 toneladas apresenta deformações mínimas que não comprometem a segurança da estrutura.

De forma global, pelo observado do ensaio de carga, a estrutura apresenta-se estável e segura pelo que a instalação do equipamento de radioterapia pode ser feito com recurso ao sistema de elevação previsto.

Deste trabalho foi apresentado mais um contributo do Laboratório de Engenharia de Moçambique na área de Investigação e Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia. Foi possível destacar a importância da aplicação de sistemas de monitorização dotados de procedimentos de recolha e visualização dos registos em tempo real na avaliação da segurança de infraestruturas e no esclarecimento de dúvidas sobre determinadas soluções empregues em obra. Foi, igualmente, possível avaliar a complexidade e o nível alto de responsabilidade que envolve a padronização dos ensaios de carga e a avaliação dos resultados obtidos.

REFERÊNCIAS

[1]-Félix, Carlos M. S. - Monitorização e análise do comportamento de obras de arte. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil. Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, 2004.

[2]-ETA-08/0010 - European Technical Approval - *Fischer Resin anchor R* - valid from March 2013 to March 2018, European Organization for Technical Approval (EOTA).

[3]-TR 029 - Technical Report - *Design of Bonded Anchors*, June 2007, EOTA.

[4]-UniMeasure. Transdutor da Serie JX-P420. Disponível em: <http://www.unimeasure.com/obj--pdf/jx-p420.pdf>

[5]-REBAP - Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado. Decreto-Lei nº 349-C/83, de Julho.

[6]-REAE - Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios. Decreto n.º 46 160, de Janeiro de 1965.

ARTIGO REF: 6588

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA INTELIGENTE PARA AVALIAÇÃO DO ESTADO DE DEGRADAÇÃO DE ESTRUTURAS EM BETÃO

José Neves¹, Guida Gomes¹, Joaquim Macedo¹, Henrique Vicente^{1,2(*)}

¹Universidade do Minho, Centro Algoritmi - Braga, Portugal

²Universidade de Évora, Depart. de Química - Évora, Portugal

(*)*Email*: hvicente@uevora.pt

RESUMO

Apesar da sua origem remota, o betão é considerado um material moderno, utilizado na maioria das construções atuais. O betão é um material composto formado por material granular mais ou menos grosseiro (i.e., areias ou britas) incorporado numa matriz de material rígido (cimento ou ligante) que preenche o espaço entre as partículas do agregado unindo-as [Li, 2011]. Em termos de propriedades, o betão exibe uma elevada resistência à compressão, mas, em termos de tração, apresenta baixa resistência. Para evitar este ponto fraco, o betão costuma ser reforçado com materiais como o aço o que, por sua vez, origina outros problemas como, por exemplo, a corrosão. O betão exibe um baixo coeficiente de expansão térmica e sofre processos de retração durante a fase de maturação [Larosche, 2009]. Outra limitação fundamental está relacionada com a elevada sensibilidade relativamente às condições com que é produzido e aplicado. Na verdade, existem um grande número de variáveis que afetam a sua qualidade. A falta de atenção para com estas variáveis torna-o mais vulnerável e é tida como uma das principais razões pela qual o tempo de vida de muitas estruturas contemporâneas ser mais curta do que o esperado [Penttala, 2009]. O betão é um material relativamente sensível que se degrada ao longo do tempo, mesmo quando produzido e aplicado adequadamente. Por esta razão, as estruturas em betão sofrem um envelhecimento natural causado por fatores ambientais (e.g., chuva, sol, vento, poluição) e pela utilização.

A deterioração das estruturas de betão pode ser agrupada de diferentes modos (e.g., em termos do tipo de danos, causas, mecanismos de ataque, frequência de defeitos, prejuízos financeiros ou custos de reparação) [Kovler & Chernov, 2009]. No presente estudo é adotada a classificação baseada nas causas do ataque, sendo estas agrupadas em ataques químicos, físicos, biológicos e mecânicos. Os fatores químicos incluem processos como a carbonatação, o ataque por cloretos, por sulfatos e as reações álcalis-agregado. Os fatores físicos abrangem os ciclos de congelamento/descongelamento, a retração, a fissuração e a exposição a temperaturas extremas. Os fatores biológicos, por seu lado, incluem os efeitos de agentes biológicos como microrganismos, fungos, algas e musgos. Por fim, os fatores mecânicos dizem respeito a processos de abrasão, erosão e cavitação [Kovler & Chernov, 2009]

A resolução de problemas relacionados com a degradação de betão requer uma estratégia proactiva e multidisciplinar, sendo necessário considerar diferentes fatores cujas relações entre si são, por vezes, desconhecidas e onde os dados disponíveis são, em muitos casos, incompletos, contraditórios e/ou desconhecidos. Neste contexto, o desenvolvimento de modelos para avaliar a degradação do betão pode ser uma forma de resolver ou minimizar o problema. O presente trabalho introduz um sistema computacional para avaliar a degradação de betão, centrado na Programação em Lógica [Fernandes et al., 2016] e complementado com

a estrutura computacional, que assenta em Raciocínio Baseado em Casos (RBC) [Richter & Weber, 2013].

O Raciocínio Baseado em Casos é uma metodologia de resolução de problemas, permitindo resolver novos problemas com a reutilização de conhecimentos adquiridos a partir de experiências passadas. Apesar dos resultados promissores, os atuais sistemas de RBC não são completos nem suficientemente adaptáveis a todos os domínios. Em alguns casos não permitem que o utilizador escolha a função de similaridade, o que se traduz numa limitação. Além disso, os sistemas existentes de RBC têm limitações relacionadas com a capacidade de lidar, de forma explícita, com informação desconhecida, incompleta e/ou contraditória. Na verdade, este constrangimento é particularmente comprometedor em problemas reais, onde a informação nem sempre é completa. Na tentativa de resolver os problemas relacionados com a informação incompleta, Neves et al. (2016) introduziram um novo ciclo para o RBC que inclui uma fase de normalização onde se tem em consideração a Qualidade da Informação e o Grau de Confiança de cada caso, permitindo representar, no plano cartesiano, os casos armazenados no repositório e, através de métodos de aprendizagem não supervisionada, reduzir o espaço de procura e agilizar o processo de recuperação. Esta metodologia permite lidar explicitamente com informação incompleta, dando resposta a uma das principais limitações do ciclo convencional do RBC. Além do anteriormente exposto, esta abordagem permite a otimização dos casos recuperados sempre que a solução sugerida não esteja em conformidade com os objetivos pretendidos.

O modelo proposto foi testado com uma amostra real que continha 221 casos. Os dados disponíveis foram divididos em subconjuntos mutuamente exclusivos, através do método da validação cruzada com dez iterações. A acuidade do modelo, medida em termos de percentagem de acertos relativamente ao número de casos apresentados, foi de 89,1 %. A sensibilidade e a especificidade do modelo foram, respetivamente, 88,5% e 89,9%, enquanto os valores preditivos positivo e negativo foram, respetivamente, 91,5% e 86,4%, o que permite afirmar que o modelo proposto tem um bom desempenho na avaliação do estado de degradação de estruturas em betão.

REFERÊNCIAS

- [1]-Fernandes, A., Vicente, H., Figueiredo, M., Neves, M. & Neves, J., An Adaptive and Evolutionary Model to assess the Organizational Efficiency in Training Corporations, Lecture Notes on Computer Science, 10018, (2016) 415-428.
- [2]-Kovler, K. & Chernov, V., Types of damage in concrete structures, in Failure, distress and repair of concrete structures, N. Delatte, Ed. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, (2009) pp. 32-56.
- [3]-Larosche, C., Types and causes of cracking in concrete structures, in Failure, distress and repair of concrete structures, N. Delatte, Ed. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, (2009) pp. 57-83.
- [4]-Li, Z., Advanced Concrete Technology, New Jersey: John Wiley & Sons (2011).
- [5]-Penttala, V., Causes and mechanisms of deterioration in reinforced concrete, in Failure, distress and repair of concrete structures, N. Delatte, Ed. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, (2009) pp. 3-31.
- [6]-Richter, M. M. & Weber, R. O. Case-Based Reasoning: A Textbook, Berlin: Springer, 2013.

ANÁLISE COMPARATIVA DOS MODOS DE ROTURA DE MODELOS DE LAJES DE BETÃO ARMADO REFORÇADAS COM COMPÓSITOS UHPRFC, USANDO MÉTODOS ANALÍTICOS, NUMÉRICOS E EXPERIMENTAIS

Aurélio Sine^(*), Mário Pimentel, Sandra Nunes, Amin Abrishambaf

CONSTRUCT-LABEST, Faculdade de Engenharia (FEUP), Universidade do Porto, Portugal

^(*)Email: aurelio.sine@fe.up.pt

RESUMO

Aliar as propriedades do betão e do aço para constituir estruturas de betão armado representa uma combinação “quase” perfeita sob ponto de vista do comportamento estrutural. A perfeição é colocada em causa quando as limitações de cada um dos materiais sobressaem, como é o caso de baixa resistência a tração e a permeabilidade do betão ou suscetibilidade a corrosão do aço. De acordo com [Appleton, 2013] os problemas de durabilidade influenciam negativamente o comportamento estrutural dos elementos de betão armado.

Para melhorar o desempenho dos elementos de betão armado, recorre-se ao uso de outros materiais em função de qual das características se pretende melhorar, sendo apresentadas várias opções no mercado. Nas últimas décadas têm-se desenvolvido cada vez mais estudos de materiais compósitos, dentre eles, os compósitos de base cimentícia de muito elevado desempenho reforçados com fibras (UHPRFC-Ultra-High Performance Reinforced-Fibre Cement-based composite), que apresentam características que além de melhorar o desempenho estrutural, incrementam a durabilidade das estruturas de betão armado [Habel et al., 2006]. Estes compósitos podem ser usados na reabilitação de estruturas existentes ou em novas construções, no entanto, o uso destes materiais tem-se demonstrado bastante vantajoso, na reparação e/ou reforço de estruturas existentes de betão armado que tenham sido expostas a condições ambientais severas, onde se consegue explorar ao máximo as suas propriedades em termos de durabilidade e resistência [Brühwiler & Denarié, 2013].

Ao longo do trabalho faz-se uma análise comparativa dos modos de rotura de modelos de lajes de betão armado usando modelos de cálculo analítico, numérico e experimental. Os modelos são essencialmente de pequeno vão (1.8 m), simplesmente apoiados, submetidos à duas cargas pontuais e iguais que geram uma zona de momentos flectores constantes (ver Fig. 1). Além da verificação dos modos de rotura, é feita a avaliação da influência do reforço usando UHPRFC para diferentes níveis de reforço. De forma a introduzir a análise, faz-se uma breve apresentação das características e das leis constitutivas dos materiais aplicados.

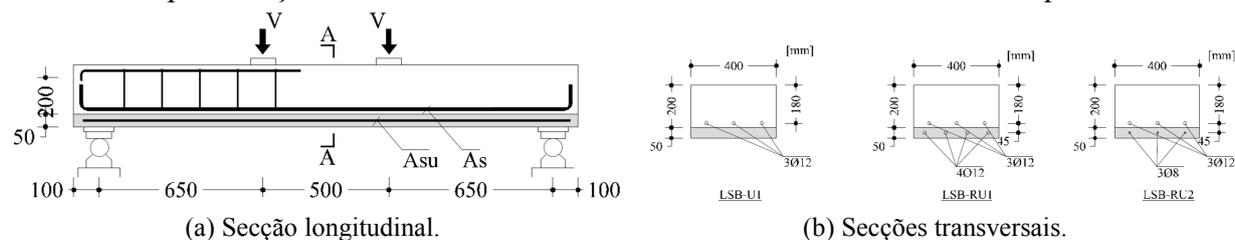


Fig. 1 - Modelo de laje de betão armado reforçado com compósito UHPRFC

A **Tabela** apresenta as proporções dos constituintes para a preparação da mistura do compósito UHPFRC por unidade de volume segundo [Pimentel & Nunes, 2016], usado para o reforço dos modelos de lajes (ver Figura 2a) e posterior ensaio em laboratório (ver Figura 2b).

Tabela 1 - Proporções dos constituintes para preparação do compósito UHPFRC.

Constituinte		Densidade	Proporção [kg/m ³]
CEM I 42.5 R		3.10	794.90
Sílica de fumo (*)		1.38	79.49
Brita		2.68	311.43
Areia fina		2.63	940.96
Água		1.00	153.76
Superplastificante		1.08	22.20
Fibras	DM9/0.175	7.85	117.75
(V _f =3%)	DM12/0.175	7.85	117.75



(a) Betonagem da camada de reforço



(b) Ensaio de modelo de laje em laboratório

Fig. 2 - Betonagem e ensaio de modelo de laje.

REFERÊNCIAS

- [1]-Appleton, J., Estruturas de Betão, Volume 1, Edições Orion (2013).
- [2]-Brühwiler, E. & Denarié, E., Rehabilitation and Strengthening of Concrete Structures Using Ultra-High Performance Fibre Reinforced Concrete, Structural Engineering International, XX (2013) 450-457.
- [3]-Habel, K., Denarié, E. & Brühwiler, E., Structural Response of Elements Combining Ultrahigh-Performance Fiber-Reinforced Concretes and Reinforced Concrete, Journal of Strctural Engineering, YX (2006) 1793-1800.
- [4]-Pimentel, M. & Nunes, S., Experimental Tests on RC Beams Reinforced with a UHPFRC Layer Failing in Bending and Shear, In HiPerMat, Proceedings of the 4th International Sympoaium on UHPC and High Performance Construction Materials, YY (2016).

ARTIGO REF: 6704

AVALIAÇÃO DAS CAUSAS DO DESABAMENTO DA COBERTURA DE UM GINÁSIO ESCOLAR

Filda Langa^(*), Fulgêncio Nhumai, Aurélio Sine, Henrique Filimone, Américo Dimande

LEM-Laboratório de Engenharia de Moçambique, Maputo, Moçambique

^(*) *Email:* fildalanga@gmail.com

RESUMO

O Laboratório de Engenharia de Moçambique é uma instituição criada em 1947 e é parte integrante da unidade orgânica do Ministério das Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos de Moçambique, além de outras actividades, tem desempenhado um papel preponderante no auxílio técnico às instituições do Estado, municípios, empresas de construção, consultoria e pessoas singulares na avaliação da segurança estrutural; no diagnóstico do estado de conservação de estruturas e na verificação da conformidade de projectos de construção e ou reabilitação. A sua actividade é essencialmente dirigida para a resolução de problemas técnicos colocados pela indústria, para a transferência de conhecimentos e de tecnologia avançada para os utilizadores. Neste ramo, a eficácia da actividade de avaliação da segurança estrutural, inspecção e diagnóstico de patologias por técnicos qualificados é indispensável.

No presente artigo, é feita a descrição do desabamento da cobertura do ginásio da escola secundária John Issa, ocorrido no Município da Macia, província de Gaza em meados de 2015, não tendo-se registado na altura nenhum fenómeno meteorológico que justificasse o desabamento da cobertura. Para o efeito, foi solicitado pelo Ministério de Educação e Desenvolvimento Humano um estudo ao Laboratório de Engenharia de Moçambique para avaliação dos destroços e o apuramento das causas do incidente.

INTRODUÇÃO

A identificação das causas de desabamento de uma dada estrutura exige a intervenção de peritos com conhecimentos e experiência nas áreas de materiais de construção, durabilidade, ensaios de diagnóstico e análise estrutural. A metodologia empregue pelo Laboratório de Engenharia de Moçambique em intervenções desta natureza envolve a realização de um conjunto de acções, nomeadamente: i) inspecção visual; ii) análise dos elementos disponíveis do projecto; iii) caracterização estrutural; iv) ensaios de caracterização das propriedades dos materiais; v) modelação numérico. A inspecção visual desenvolve-se sobre os elementos da estrutura como sejam, pilares, vigas, lajes elementos da cobertura e visa avaliar visualmente os danos existentes na obra, dessa inspecção resulta um relatório de inspecção visual. Estas inspecções podem ser complementadas com um conjunto de ensaios de caracterização das propriedades dos materiais. Na caracterização estrutural é feita a identificação e caracterização dos elementos estruturais da obra. São, igualmente, analisados os elementos do projecto, confrontando-os com a estrutura executada, em termos de dimensões e sua constituição. Quando se trata de estruturas de betão armado são conduzidos ensaios de sondagem de armaduras, que incluem a sua localização, recobrimento, diâmetro e espaçamento. Para a caracterização das propriedades dos materiais são realizados ensaios não-destrutivos ou destrutivos. Nos primeiros a intervenção é menos intrusiva, enquanto nos

segundos exigem a recolha de amostras para ensaios em laboratório. Do conjunto de ensaios não-destrutivos para a caracterização do betão, disponíveis no LEM destacam-se o ensaio esclerométrico e a avaliação das propriedades do betão por meio da medição de pulsos ultrassónicos. Para a determinação das propriedades mecânicas do betão pelos ensaios destrutivos são extraídas amostras, em geral carotes cilíndricos, de dimensões ajustadas ao tipo de betão, que são posteriormente ensaiadas em laboratório, podendo ser avaliada a sua resistência à compressão e à tracção e determinado o seu módulo de elasticidade. A determinação das propriedades do aço envolve, igualmente, a extração de amostras em locais seleccionados da estrutura. Nestes casos podem ser determinadas as propriedades mecânicas de resistência à tracção, como o traçado completo da curva que relaciona as tensões com as deformações. Estes parâmetros servem também de dados para a elaboração do modelo numérico da estrutura.

No presente artigo apresenta-se o caso do desabamento da estrutura de cobertura do ginásio da Escola Secundária John Issa, no Município da Macia, inaugurada em Abril de 2011. O Laboratório de Engenharia de Moçambique (LEM) foi solicitado pelo Ministério da Educação e Desenvolvimento Humano a apurar as causas do desabamento que ocorreu num dia normal sem solicitações significativas em termos de ventos.

DESABAMENTO DA COBERTURA DO GINÁSIO DA ESCOLA SECUNDÁRIA JOHN ISSA

Breve descrição da estrutura do ginásio

A estrutura do ginásio da Escola Secundária John Issa faz parte do complexo escolar construído no Município da Macia, cuja inauguração data de 08 de Abril de 2011.

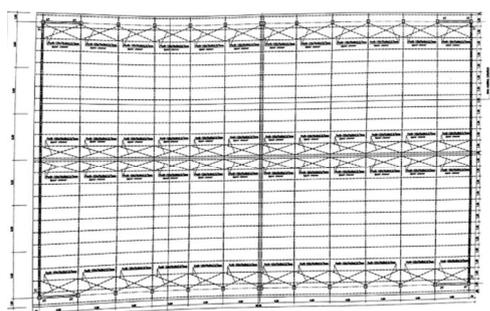


Fig. 1 - Localização da Escola Secundária John Issa.

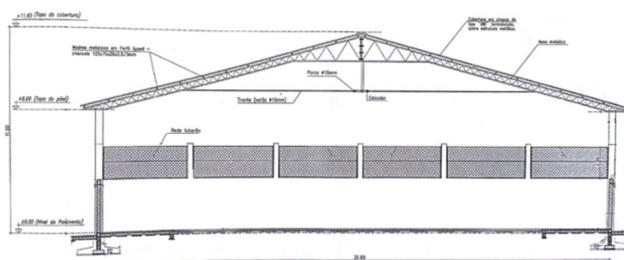
Estruturalmente, o ginásio é constituído por um pavilhão composto por uma estrutura em betão armado e cobertura em estrutura metálica, cuja área em planta é de $30 \times 48 \text{m}^2$. A estrutura em betão armado é composta por dois alinhamentos de pilares de secção transversal rectangular de $0,30 \times 0,40 \text{m}$, afastados entre si de 30m . Em cada alinhamento os pilares

encontram-se espaçados de 4,0m ao longo de um comprimento de 48m. As fundações dos pilares são isoladas e têm dimensões em planta de 1,30x1,30m², conforme o projecto.

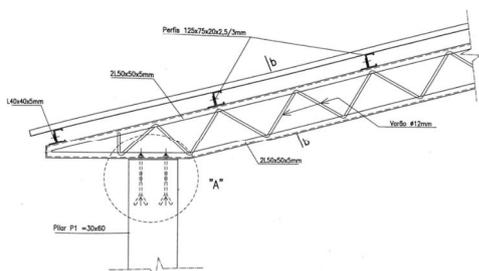
A cobertura é auto-portante, constituída por uma estrutura em treliça composta por 4 cantoneiras unidas por varões de 12mm de diâmetro, formando a asna e, sobre as asnas apoiam-se as madres que, por sua vez, dão apoio as chapas de cobertura tipo IBR. As asnas encontram-se apoiadas sobre o topo dos pilares de betão armado por meio de sistema de ancoragem com buchas químicas e dispõem de um tirante na parte inferior para absorver os esforços de tracção que se desenvolvem na cobertura. O tirante é constituído por um varão liso de diâmetro 16mm.



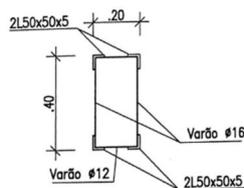
a) Planta estrutural da cobertura



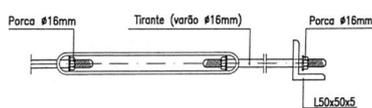
b) Alçado do ginásio



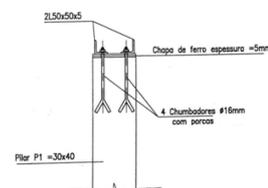
c) Pormenor da ancoragem cobertura-pilar



d) Corte b-b



e) Sistema de atirantamento



f) Pormenor "A"

Fig. 2 - Características dos elementos da cobertura.

Inspeção visual aos destroços do desabamento

De modo a subsidiar a investigação levada a cabo pelos peritos do LEM, foi feita uma campanha de inspeção visual aos destroços da estrutura metálica da cobertura, assim como aos pilares. A inspeção visual constituiu um dos primeiros passos realizados aquando de um desabamento, pois fornece informações sobre o estado dos elementos da estrutura. Assim, a partir da análise dos dados fornecidos por esse mesmo relatório que se decide qual o tipo de intervenção e quais os estudos a realizar.

Da inspeção visual aos destroços do desabamento foram feitas as seguintes constatações:

- Ocorrência de fendas em pilares derivadas de deformações excessivas induzidas durante o desabamento da cobertura;
- Rotura de pilares após o desabamento da cobertura;

- Corrosão generalizada da estrutura metálica da cobertura (asnas, madres e tirantes);
- Rotura dos elementos de aço que constituem os tirantes;
- Perda de secção do tirante por corrosão;
- Corrosão das ancoragens dos tirantes;
- Sistema de ancoragem cobertura-pilar constituído por chumbadores com terminação recta e comprimento de amarração que varia de 150 a 200mm
- Arrancamento total dos chumbadores, incluindo o produto de fixação;
- Destacamento total da argamassa de enchimento no topo dos pilares onde assenta a estrutura da cobertura.



a) Fendas nos pilares



b) Rotura do pilar



c) Corrosão generalizada da estrutura metálica



d) Perda de secção dos tirantes por corrosão



e) Corrosão das ancoragens dos tirantes



f) Arrancamento total dos chumbadores

Fig. 3 - Danos observados na estrutura após o desabamento da cobertura.

Caracterização dos materiais: Betão e Aço

De modo a avaliar a satisfação das especificações do projecto executivo face à estrutura executada, foram conduzidos ensaios ao betão dos pilares e ao aço do tirante.

a) Betão

O ensaio ao betão dos pilares foi realizado *in-situ* com recurso ao esclerómetro de Schmidt. Os resultados obtidos ditaram que a classe do betão usada no fabrico dos pilares é superior à especificada no projecto, tendo sido obtida uma resistência cuja equivalência é de um betão da classe B30.

b) Aço

Foram ensaiadas em laboratório 3 (três) amostras do aço dos tirantes recolhidas em obra. O ensaio consistiu no tensionamento das amostras até a rotura por forma a determinar as suas

características principais, nomeadamente a tensão de cedência e a respectiva tensão de rotura à tracção (Quadro 1). Os resultados dos ensaios ditaram que o tirante é constituído por um aço da classe A235, condizendo com as especificações do projecto executivo.

Tabela 1 - Resultados do ensaio à tracção do aço do tirante.

IDENTIFICAÇÃO								TENSÃO		Extensão após rotura, ϵ_u , (%)
Ref ^a	Tipo	\varnothing (mm)	L_o (mm)	Peso (g)	Peso/m (g/m)	Secção (mm ²)	\varnothing_{ef} (mm)	Cêdencia, R_{eH} (N/mm ²)	Rotura, R_m (N/mm ²)	
1	Liso	16	500	770	1.540	196.18	15.81	320	490	26
2	Liso	16	500	770	1.540	196.18	15.81	322	490	25
3	Liso	16	500	770	1.540	196.18	15.81	330	492	30
								≥ 235	≥ 360	≥ 14
								Classificação:		A235



(a) Caracterização in-situ do betão



(b) Ensaio de tracção em amostra dos tirantes de aço



(c) Amostras do tirante após o ensaio de tracção

Fig. 4 - Ensaios de caracterização dos materiais betão e aço.

Análise do comportamento estrutural da cobertura

Foi desenvolvido um modelo numérico tridimensional que serviu de base para a interpretação e a análise do comportamento estrutural da cobertura do ginásio sob acção do seu próprio peso, do vento e das sobrecargas regulamentares. As características geométricas e mecânicas dos materiais, consideradas no modelo, foram obtidas do levantamento geométrico realizado e dos resultados dos ensaios de caracterização mecânica dos materiais conduzidos *in-situ* e em laboratório.

O modelo desenvolvido foi devidamente calibrado e ajustado para que fosse capaz de traduzir de forma real possível a rigidez, a distribuição de massa, as condições de fronteira da estrutura e avaliar a força de tracção no tirante. Visto que antes do colapso da cobertura parte das asnas apresentavam-se sem tirantes, foram simuladas, no modelo numérico, duas situações distintas, nomeadamente: i) Cobertura com os tirantes; ii) cobertura sem os tirantes.

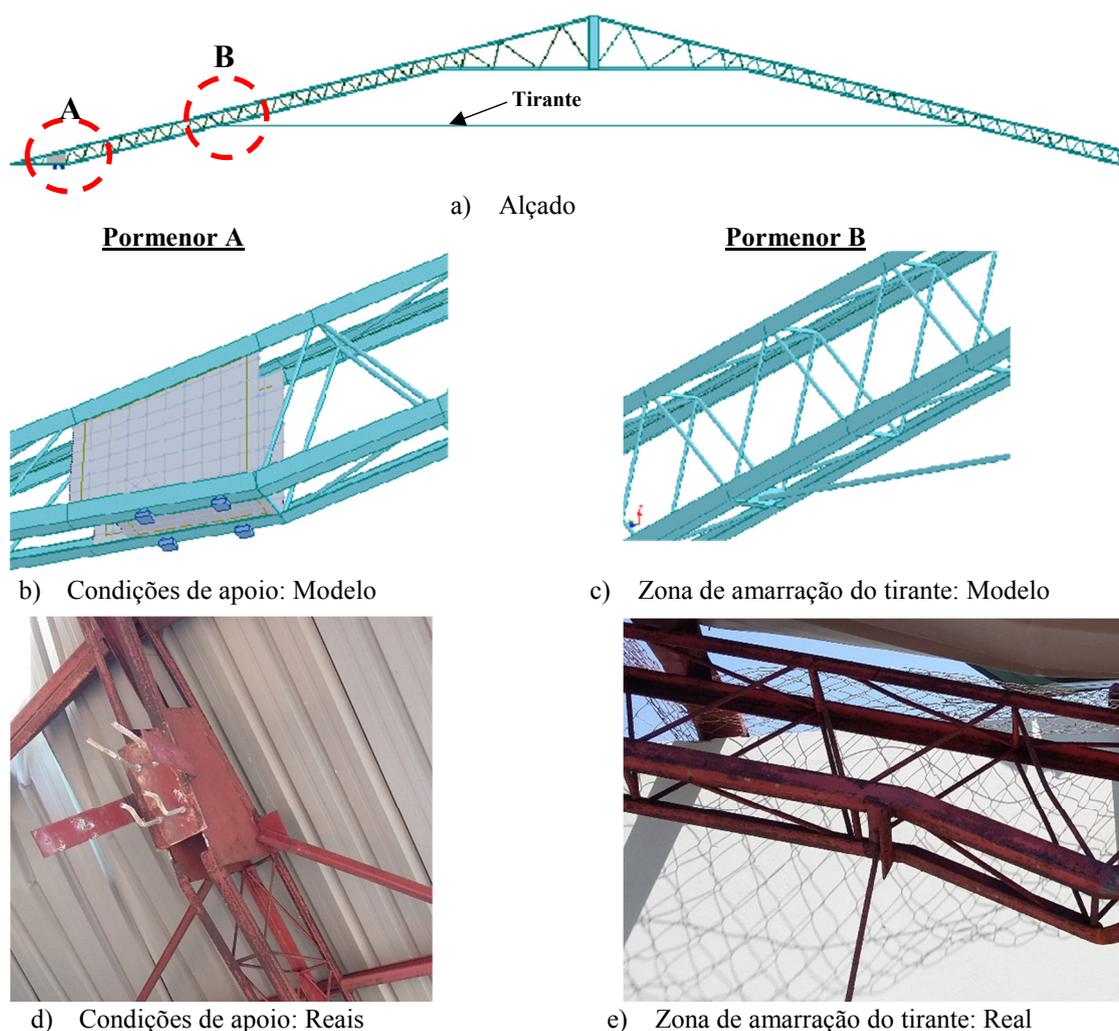


Fig. 4 - Modelo tridimensional da estrutura da cobertura.

Quantificação de acções

Para além das acções que decorrem da natureza dos materiais empregues, peso próprio (PP), foram também consideradas as acções previstas no Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSAEP).

Acção do Peso próprio:

- Peso específico dos elementos metálicos.....	77,0 kN/m ³
- Peso das chapas tipo IBR	0,0433 kN/m ²
- Peso das Madres (<i>lipped-chanel: 125x75x20x3</i>)	0,0459 kN/m ²

Sobrecarga em Coberturas:

- Carga uniformemente distribuída	0,30 kN/m ²
---	------------------------

Acção do Vento:

A acção do vento foi quantificada tendo em conta a geometria em planta e em alçado do edifício. Os dados considerados para a quantificação da acção do vento foram os seguintes:

- Zona A;
- Rugosidade tipo II;
- Dimensões extremas em planta do ginásio: 30m x 48m;
- Altura total acima do nível terreno: 11,6m;
- Área de influência por nó da cobertura: $A_i = 6,0m^2$.

O valor característico (w_k) da pressão dinâmica do vento foi obtido do abaco apresentado na Figura 5 e os coeficientes de pressão exterior a partir do Quadro 2 de acordo com o ângulo de incidência do vento ($\alpha = 0^\circ$, corresponde ao vento, actuando perpendicularmente à fachada com 48m de comprimento; $\alpha = 90^\circ$, corresponde ao vento, actuando perpendicularmente à fachada com 30m de comprimento). A força devido ao vento que actua em cada nó foi determinada a partir da Equação 1. Para o coeficiente de pressão interior foi considerado que o ginásio possui as quatro fachadas com permeabilidade semelhante ($\delta_{pi} = -0,30$). De acordo com o Quadro 2 o efeito do vento predominante sobre a cobertura é de sucção.

$$F_i = w_k \cdot A_i \cdot \delta_{pe} \tag{1}$$

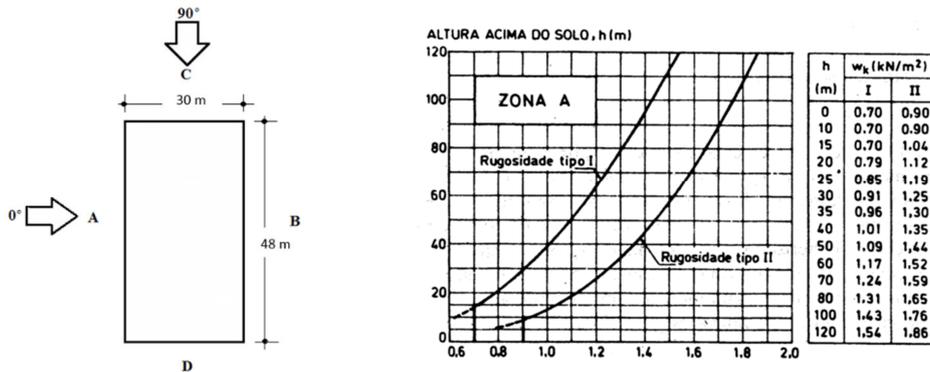
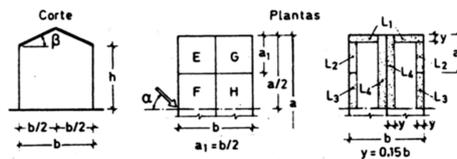


Fig. 5 - Valores característicos da pressão do vento, w_k (kN/m²).

Tabela 2 - Coeficiente de pressão exterior, δ_{pe} , para cobertura de duas vertentes.



Relações geométricas do edifício h/b	Inclinação da vertente β (graus)	Accões globais								Accões locais			
		Direcção do vento											
		$\alpha = 0^\circ$				$\alpha = 90^\circ$							
		E, F	G, H	E, G	F, H	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄				
$\frac{h}{b} < \frac{1}{2}$	0	-0,8	-0,4	-0,8	-0,4	-2,0	-2,0	-2,0					
	5	-0,9	-0,4	-0,8	-0,4	-1,4	-1,2	-1,2	-1,0				
	10	-1,2	-0,4	-0,8	-0,6	-1,4	-1,4		-1,2				
	20	-0,4	-0,4	-0,7	-0,6	-1,0			-1,1				
	45	+0,3	-0,5	-0,7	-0,6	-0,8			-1,1				
$\frac{1}{2} < \frac{h}{b} < \frac{3}{2}$	0	-0,8	-0,6	-1,0	-0,6	-2,0	-2,0	-2,0					
	5	-0,9	-0,6	-0,9	-0,6	-2,0	-2,0	-1,5	-1,0				
	10	-1,1	-0,6	-0,8	-0,6	-2,0	-2,0	-1,5	-1,2				
	20	-0,7	-0,5	-0,8	-0,6	-1,5	-1,5	-1,5	-1,0				
	45	-0,2	-0,5	-0,8	-0,8	-1,0			-1,0				
$\frac{3}{2} < \frac{h}{b} < 6$	0	-0,7	-0,6	-0,9	-0,7	-2,0	-2,0	-2,0					
	5	-0,7	-0,6	-0,8	-0,8	-2,0	-2,0	-1,5	-1,0				
	10	-0,7	-0,6	-0,8	-0,8	-2,0	-2,0	-1,5	-1,2				
	20	-0,8	-0,6	-0,8	-0,8	-1,5	-1,5	-1,5	-1,2				
	45	-0,2	-0,5	-0,8	-0,7	-1,0			-1,0				

Combinação de acções:

Os valores de cálculo dos esforços actuantes para a verificação da segurança em relação aos Estados Limites Últimos de tracção no tirante, foram obtidos de acordo com as regras definidas no RSAEP (Art.12º):

$$S_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{Gk} \cdot S_{Gk} + \gamma_q \cdot S_q \quad (2)$$

Tabela 3 - Combinação de acções consideradas.

Nr.	Combinação de acções	
1	COMB1	1.35 S _{Gk} +1.50 S _{Qk}
2	COMB2	1.0 S _{Gk} +1.50 W _k

Resultados da análise do comportamento estrutural da cobertura

São apresentadas na Figura 6 as deformadas da cobertura para a combinação 2 (COMB2) considerando o cenário da cobertura com tirantes e sem tirantes. Da análise das deformadas conclui-se que a ausência do tirante conduz a um ligeiro aumento da deformação máxima da cobertura de 16.77 mm para 18.04 mm. Nas Figuras 7 e 8 são apresentadas as reacções de apoio e as tensões axiais induzidas na cobertura, sendo estas últimas inferiores às tensões admissíveis do aço.

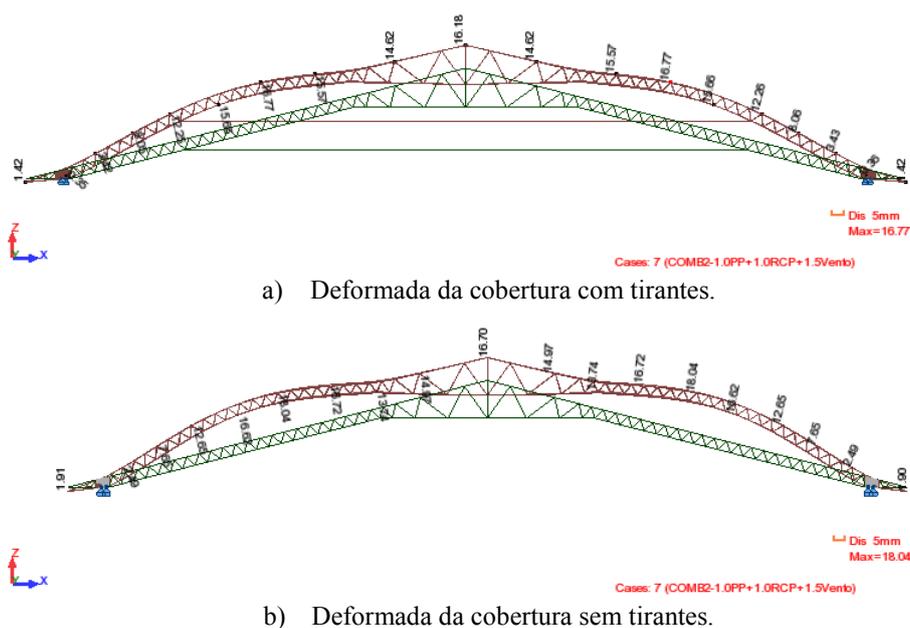


Fig. 6 - Deformada da cobertura sob acção do vento.

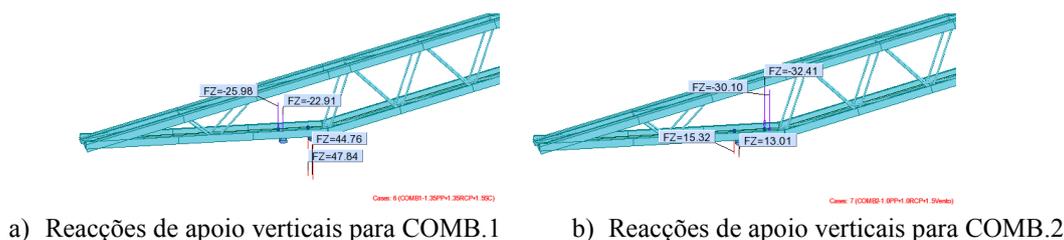
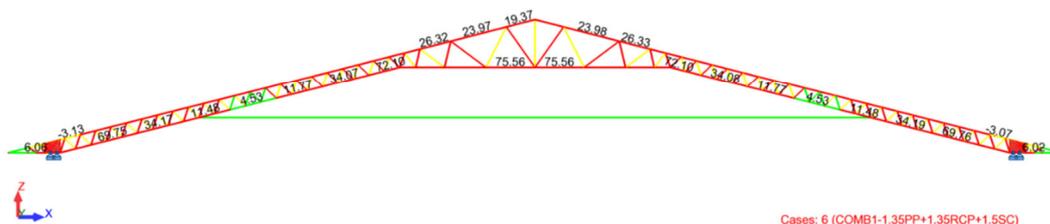
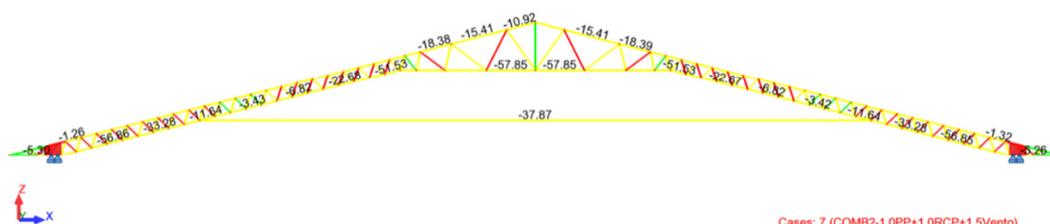


Fig. 7 - Esforços verticais gerados na ligação cobertura-pilar.



(a) Tensões no aço devidas à COMB1.



(b) Tensões no aço devidas à COMB2.

Fig. 8 - Tensões axiais na cobertura.

Tabela 4 - Resumo dos resultados obtidos.

Parâmetros	C.Permanente		COMB.1		COMB.2	
	(I)	(II)	(I)	(II)	(I)	(II)
Fx [kN]	2.81	2.83	7.96	7.98	-7.12	-5.63
	3.01	3.02	8.59	8.60	-7.56	-6.13
	12.40	12.23	38.24	38.07	-30.71	-29.70
	12.49	12.31	38.54	38.36	-30.83	-29.95
Fz [kN]	-7.66	-7.14	-25.98	-25.47	15.32	22.20
	-6.68	-6.19	-22.91	-22.43	13.01	19.76
	14.66	14.04	47.84	47.21	-32.41	-39.37
	13.68	13.08	44.76	44.17	-30.10	-36.93
F _{tirante} [kN]	Ø	-	Ø	-	-7.61	-
σ _{comp.} [MPa]	37.48	36.73	116.98	116.23	63.23	70.65
σ _{tracção} [MPa]	-25.85	-25.10	-85.33	-84.58	-90.87	-92.05
Flecha [mm]	7.47	7.36	22.50	22.32	-16.77	-18.04

Nota: (I) - sem tirante; (II) - com tirante; (+) - compressão; (-) - tracção

Verificação da segurança da ligação cobertura-pilar

A verificação da segurança da ligação cobertura-pilar consistiu na avaliação da eficiência de transferência de esforços da cobertura para os pilares através das reacções de apoio desenvolvidas nos elementos fixação da cobertura ao topo dos pilares, através dos 4 (quatro) chumbadores instalados com terminação recta.

a) Verificação do comprimento de aderência

A avaliação do comprimento necessário de aderência dos chumbadores ao betão é de vital importância no funcionamento conjunto da cobertura e o resto da estrutura. O comprimento de aderência (l_0) necessário foi determinado com base nas formulações apresentadas na Figura 9 e Quadro 4. Foi considerada aderência normal e teve-se em conta o esforço de tracção (F_z) gerado nos chumbadores. As forças de tracção, mínima e máxima, obtidas pelo modelo valem, respectivamente -6,19kN e -39,37kN e os seus comprimentos de aderência correspondentes são apresentados no Quadro 5.

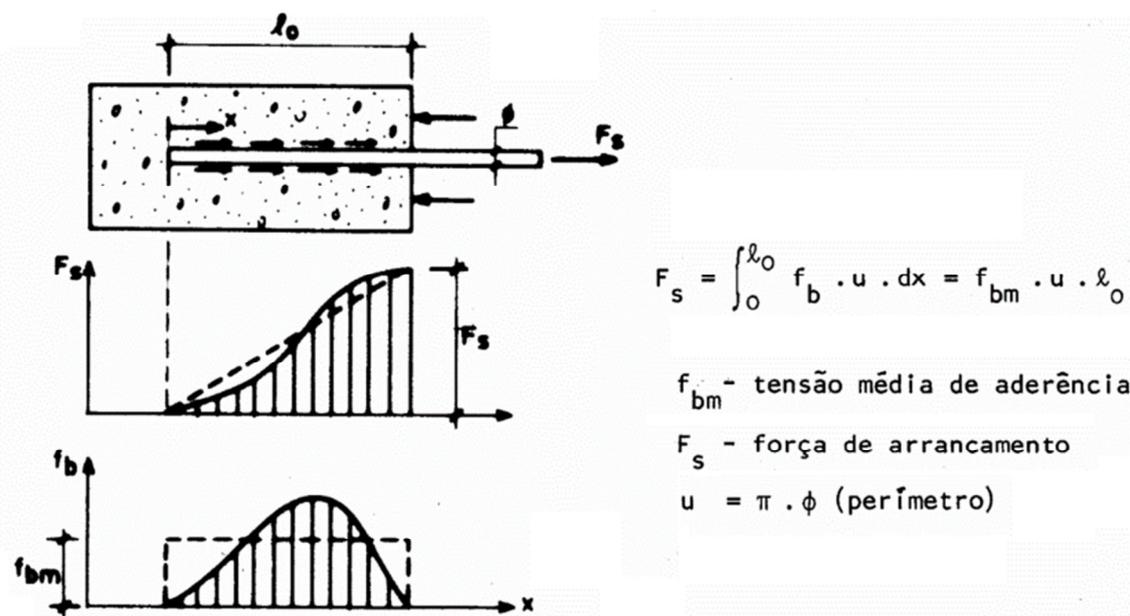


Fig. 9 - Determinação do comprimento de amarração efectivo dos chumbadores

Tabela 5 -. Tensão de aderência do Betão - [REBAP].

Características de aderência dos varões	Classe do betão								
	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55
Aderência normal	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
Alta aderência	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2

Tabela 6 - Avaliação do comprimento de aderência dos chumbadores.

		Comprimento de aderência		
		Mínimo	Máximo	Em obra
Fz [kN]		-6.19	-39.37	-
l _o [mm]	Aderência Normal	102.02	648.90	150 a 200
	Alta aderência	45.34	288.40	

Da análise dos resultados do Quadro 5 conclui-se que para o valor máximo da força de tracção nos chumbadores, o comprimento necessário de aderência ao betão não é garantido. Por outro lado, a fixação da cobertura sobre o topo dos pilares contrasta com o projecto, conforme constatado em obra. Estes aspectos terão contribuído, por um lado, para a fragilização da ligação cobertura-pilar e, por outro lado, para a redução da capacidade de restrição de rotação da estrutura da cobertura sobre os seus apoios.

Considerações finais

No dimensionamento de sistemas de ancoragens, geralmente, os projetistas têm utilizado programas de cálculo automático desenvolvidos por fabricantes desses sistemas. Esses programas de cálculo têm como base de dados as Diretrizes de Aprovações Técnicas, tais como a ETAG001 para dimensionamento de ancoragens mecânicas em betão e o relatório técnico EOTA TR029 para o dimensionamento de ancoragens químicas, apresentando até métodos de cálculo simplificados para uma rápida resposta. Existe também o documento de referência prEN1992-4:2013, norma que apresenta procedimentos de dimensionamento, tendo em conta além dos modos de rotura possíveis, os princípios de transferência de esforços. Os problemas surgem no cumprimento dos procedimentos de instalação definidos nas especificações dos fabricantes de cada produto.

No presente trabalho foram apresentados os procedimentos criados pelo Laboratório de Engenharia de Moçambique na avaliação das causas de desabamento de estruturas e teve como caso de estudo o desabamento da cobertura do ginásio de uma unidade escolar. Deste trabalho concluiu-se que o incidente foi causado pela deficiente montagem do sistema de ancoragem da cobertura, associado à degradação acelerada, por oxidação, dos elementos metálicos que a constituem.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o incentivo e suporte financeiro concedido pelo Laboratório de Engenharia de Moçambique ao Ministério de Educação e Desenvolvimento Humano (MINED), pela oportunidade concedida ao LEM para solucionar as dúvidas acerca das causas que provocaram o desabamento da cobertura do ginásio da Escola Secundária John Issa.

REFERÊNCIA

[1]-LEM-Nr. 33.677. - Relatório técnico LEM - Avaliação das Causas do Desabamento da Cobertura do Ginásio da Escola Secundária John Issa, 2015

[2]-REBAP - Regulamento de estruturas de Betão Armado e Pré- Esforçado. Decreto de lei n. 349-C/83 de 30 de julho. Porto Editora. Porto, (1983).

[3]-RSAEP. Regulamento de segurança e acções para estruturas de edificios e pontes. Decreto de lei nº. 235/83 de 31 de Maio. Porto Editora. Porto, (1983).

ARTIGO REF: 6827

ESTUDO ACÚSTICO DA IGREJA MONÁSTICA CISTERCIENSE EM PORTUGAL

Fabiel Gonçalves Rodrigues^{1(*)}, João Carlos Gonçalves Lanzinha², Ana Maria Tavares Martins^{1,3}

¹Univ. da Beira Interior, Depart. Eng^a Civil e Arquitectura - Covilhã, Portugal

²c-made, Labsed, Univ. da Beira Interior, Depart. Eng^a Civil e Arquitectura - Covilhã, Portugal

³Lab2PT, Guimarães, Portugal; CIDEHUS, Évora, Portugal

(*) *Email*: d1961@ubi.pt

RESUMO

A acústica é um elemento importante na impressão geral que o edificado transite às pessoas no exercer das suas funções. No caso da igreja o desempenho acústico e a sua adequabilidade são complexas, já que existe dualidade entre a adequação à música e à palavra [Henriques, 2016]. Por outro lado, é também um elemento mutável, influenciado pela ideologia de culto, pela cultura e pela história [Desarnaulds, 2002]. No caso português este tipo de edifícios foi influenciado pela Ordem de Cister. Esta é vista como detentora empírica de conhecimento do comportamento acústico dos espaços religiosos [González, 2014]. A avaliação acústica das suas igrejas monásticas permite compreender a evolução da acústica neste tipo de espaços país.

Com a independência da igreja enquanto edifício de utilização pública ocorreu a evolução das suas características construtivas em relação com a evolução da liturgia nela praticada. Como resultado, o comportamento acústico das igrejas é complexo e acompanha uma crescente complexidade litúrgica onde tanto a palavra como a música são essenciais [Queiroz de Sant'Ana & Trombetta Zannin, 2001]. A nível histórico, no caso cristão, a evolução da igreja enquanto edifício ocorre a partir do modelo basilical romano, inicialmente em planta de cruz latina, tetos baixos em madeira e abside abobadada. Esta tipologia favorecia a difusão sonora. Posteriormente, durante a idade média, os espaços seriam abobadados com pedra e adquiririam maior volumetria. Esta evolução, favorece o uso do cântico em prol da palavra, que perde inteligibilidade nestes espaços [Da Silva, 2008]. A inteligibilidade da palavra vai readquirindo importância a partir do século XVI, com a Reforma protestante e a Contrarreforma Católica até ao século XX, com o Concílio do Vaticano II [Queiroz de Sant'Ana & Trombetta Zannin, 2011]. O estudo do comportamento acústico das igrejas permite estabelecer valores que aptos ao ambiente musical e à inteligibilidade da palavra. Tem-se estabelecido métodos de avaliação específica para o comportamento acústico em Igrejas, facilitando a obtenção de dados fideis à realidade [Martellotta *et al.*, 2009].

A avaliação do comportamento acústico em igrejas, à semelhança do que sucede em outros edifícios, requer medições *in situ* segundo a ISO 3382-2. A comparação dos valores obtidos com literatura especializada permite avaliar a adequação do comportamento acústico, no entanto, no caso da igreja a dualidade entre música e palavra implica valores divergentes entre si [Martellotta *et al.*, 2009]. Considera-se importante o levantamento de índices como o Tempo de Reverberação (TR), o *Tempo de Decaimento Curto* (EDT), *Tempo Central* (Ts), a *Definição* (D50), a *Clareza* (C50 e C80), a *Intensidade* ou *Força* (G), o *Bass Ratio* (BR) e a *Inteligibilidade da Palavra* (STI). Além da medição *in situ* das características acústicas na igreja complementa-se a avaliação com uma análise do conforto acústico, na Europa segundo a ISO R-1996, que avalia o *Noise Ratio* (NR) e estipula a sua adequação à função.

A caracterização do património acústico neste tipo de espaços resulta da evolução da cerimónia religiosa e das exigências acústicas das mesmas ao longo da história [Álvarez-Morales, Zamarreño, Girón, & Galindo, 2014]. No caso de igrejas monásticas esta premissa é importante, já existe influências próprias da Ordem em que se inserem, mas também de evoluções litúrgicas inerentes ao culto cristão. Por exemplo, na Idade Média o uso de cântico Cantochão, do Gregoriano, e do órgão [González, 2014] implicam um campo sonoro diferente do que existe em igrejas de períodos posteriores. Da avaliação acústica destes espaços em Portugal espera-se espaços com alguma reverberação, aptos ao uso do cântico coral e órgão, em consonância com alguns estudos já efetuados [Lanzinha, Nepomuceno, Martins, Reis, & Alves, 2015; Magrini & Magrini, 2005]. Outros exemplos distinguem-se devido à influencia de regionalismos e contextos históricos posteriores [Martins, 2011], pelo que o estudo permitirá entender a evolução da liturgia na igreja e na Ordem de Cister no período em que esta existiu no país.

REFERÊNCIAS

- [1]-Álvarez-Morales, L., Zamarreño, T., Girón, S., & Galindo, M., A methodology for the study of the acoustic environment of Catholic cathedrals: Application to the Cathedral of Malaga., (2014) 102-115 GEN. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.10.015>.
- [2]-Desarnaulds, V., De L ' Acoustique Des Eglises En Suisse - Une Approche Pluridisciplinaire., École Polytechnique éderale de Lausanne., (2002) Retrieved from infoscience.epfl.ch/record/33073/files/EPFL_TH2597.PDF.
- [3]-González, G. B., Estudio acústico de los monasterios cistercienses masculinos del Camp de Tarragona., Univ. Roviri I Virgili., (2014). Retrieved from <https://doi.org/T1925-2014>.
- [4]-Henriques, Luís C. F., O Canto do Ofício na Quaresma e na Semana Santa no Mosteiro de S. Bento de Castris. Manuscrito P-EV ad MS 29 e a sua organização., In A. F. Conde (Ed.), Do Espírito do Lugar - Música, Estética, Silêncio, Espaço, Luz: I e II Residências Cistercienses de São Bento de Cástris (2013, 2014)., Évora: Publ. Cidehus., (2016) 47-59.
- [5]-Lanzinha, J. C. G., *et al.*, Cistercian Monastery of S. Bento de Cástris, Évora, Portugal: Acoustic measurements under ORFEUS Project., In 1st International Conference on New Music Concepts., (2015) 17-26.
- [6]-Magrini, A., Magrini, U., Acoustic field in two Medieval Abbeys : relationships between acoustical parameters and architecture in Morimondo and Chiaravalle Abbeys The Abbeys. Forum acusticum., Budapeste., (2005) 2381-2386 Retrieved from http://www.academia.edu/16696250/Acoustic_field_in_two_Medieval_Abbeys_relationships_between_acoustical_parameters_and_architecture_in_Morimondo_and_Chiaravalle_Abbeys.
- [7]-Martellotta, F. *et al.*, Guidelines for acoustical measurements in churches., Applied Acoustics, 70(2)., (2009) 378-388. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2008.04.004>.
- [8]-Martins, A. M. T., As Arquitecturas de Cister em Portugal. A actualidade das suas reabilitações e a inserção no território, Vol 1, 2 e 3., Universidad de Sevilha (2011).
- [9]-Queiroz de Sant'Ana, D., & Trombetta Zannin, P. H., Acoustic evaluation of a contemporary church based on in situ measurements of reverberation time, definition, and computer-predicted speech transmission index., Building and Environment, 46(2), (2011) 511-517. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.08.015>.
- [10]-Da Silva, T.E.L., Guião da Acústica de Igrejas em Portugal., Universidade do Porto., (2008) Retrieved from web.fe.up.pt/~carvalho/teseTelma.pdf.

ARTIGO REF: 6828

METODOLOGIA E TÉCNICAS DE MEDIÇÃO ACÚSTICA EM IGREJAS

Fabiel Gonçalves Rodrigues^{1(*)}, João Carlos Gonçalves Lanzinha², Ana Maria Tavares Martins^{1,3}

¹Universidade da Beira Interior, Depart. Eng^a Civil e Arquitectura - Covilhã, Portugal

²c-made, Labsed, Universidade da Beira Interior, Depart. Eng^a Civil e Arquitectura - Covilhã, Portugal

³Lab2PT, Guimarães, Portugal, CIDEHUS, Évora, Portugal

(*) *Email*: d1961@ubi.pt

RESUMO

A avaliação do som em espaços fechados implica a caracterização dos fenómenos decorrentes da propagação som. Neste sentido, a adequação da acústica em determinado edifício remete para o conforto humano na utilização do espaço avaliado [Tadeu & Mateus, 2001]. A determinação deste conforto acarreta o levantamento de dados que permitem concluir a qualidade acústica através de parâmetros objetivos e subjetivos [Carvalho & Morgado, 1997]. Os parâmetros acústicos objetivos remetem para dados obtidos da medição do tempo e de energia na produção de som no espaço, permitindo caracterizar o seu desenvolvimento [Pereira, 2010]; enquanto os parâmetros subjetivos remetem para a preferência do Homem de determinadas condições acústicas em prol de outras, relacionando parâmetros arquitetónicos e parâmetros objetivos a questões de caráter sociocultural, e características específicas do Homem.

No caso dos parâmetros objetivos existem metodologias estabelecidas para o levantamento de dados e o seu cruzamento com pesquisas similares. Pode destacar-se neste âmbito a caracterização do ruído de fundo, com o intuito de determinar o conforto acústico do espaço segundo a função que desempenha; e o levantamento de características do campo sonoro do espaço, com o sentido de estabelecer a sua adequação à função. As metodologias para efetuar estes levantamentos estabelecem-se em normalizações como a ISO R-1996, no caso do conforto acústico [Plc, 2011]; ou da ISO 3382-2 no que respeita às características do campo sonoro de um espaço. Para avaliar a inteligibilidade da palavra através de medições objetivas existem outras normalizações aplicáveis, como a IEC 60268-16, no caso de se efetuar através do *Speech Transmission Index* (STI), a ISO/TR 4870, caso se use testes fonéticos, ou a ANSI S 3.5, caso se utilize o *Articulation Index* (AI) [SFPE, 2002]. A determinação de parâmetros subjetivos implica a utilização de auditores em testes onde se recorre a análises estatísticas para auferir conclusões [Morgado, 1996].

A igreja é um dos edifícios onde o desempenho acústico é fundamental a adequação destes espaços ao seu uso. Como resultado, o levantamento de características acústicas nestes edifícios tem adquirido importância tanto no sentido de avaliar as suas características no contexto histórico-cultural, e do qual existem alguns estudos [Lanzinha et al., 2015; Lanzinha et al., 2016]; como para garantir o bom desempenho e adequabilidade da mesma às necessidades acústicas [Queiroz de Sant'Ana & Trombetta Zannin, 2011]. Por outro lado, devido às especificidades deste tipo de edifício, têm sido propostas metodologias específicas de levantamento de dados acústicos na igreja, sem descurar os parâmetros estabelecidos pelas normalizações existentes [Martellotta, Cirillo, Carbonari, & Ricciardi, 2009]. Têm também sido propostas metodologias de avaliação acústicas alternativas, podendo destacar-se,

exemplificativamente o uso índices únicos [Carvalho & Loureiro, 2008]. A avaliação do comportamento acústico da igreja é fundamental no sentido de garantir o conforto e bem-estar do Homem nestes espaços, sem descuidar a espiritualidade inerente à função exercida na mesma.

REFERÊNCIAS

- [1]-Carvalho, A. P. O., & Loureiro, J. P. G., Metodologia multi-critério para análise da Qualidade Acústica em Igrejas., *Acústica 2008*. Coimbra: Universidade de Coimbra., (2008) 3-12 Retrieved from <https://web.fe.up.pt/~carvalho/teseLoureiro.pdf>.
- [2]-Carvalho, A. P. O., & Morgado, A. E. J., Objective and subjective acoustical., In fifth international congress on sound and vibration., Adelaide, South Australia., (1997)., Retrieved from <https://web.fe.up.pt/~carvalho/icsv5.pdf>.
- [3]-Lanzinha, João C. G., Nepomuceno, M. C. S., Martins, A. M. T., Reis, C., & Alves, A. A., Metodologia para avaliação exploratória do comportamento acústico da igreja do mosteiro de S. Bento de Cástris, Évora., In: *Do Espírito do Lugar - Música, Estética, Silêncio, Espaço, Luz: I e II Residências Cistercienses de São Bento de Cástris (2013, 2014)* [online]. Évora: Publicações do Cidehus, 2016 (generated 27 October 2016). Retrieved from: <<http://books.openedition.org/cidehus/2124>>. p. 172-189, ISBN: 9782821875029.DOI: 10.4000/books.cidehus.2124.
- [4]-Lanzinha, João C.G., Nepomuceno, Miguel C.S., Martins, Ana M.T. Martins., Reis, Carla P. L., Alves, Albino A.S.; Cistercian monastery of S. Bento de Cástris, Évora, Portugal: Acoustic measurements under Orfeus Project, in *Proceedings (ISBN: 978-88-6551-188-6 pgs. 17-26) ICNMC 2015 - 1st International Conference on New Music Concepts, 7-8 Mar, 2015, Treviso, Italy*.
- [5]-Martellotta, F., Cirillo, E., Carbonari, A., & Ricciardi, P., Guidelines for acoustical measurements in churches., *Applied Acoustics*, 70(2)., (2009) 378-388. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2008.04.004>.
- [6]-Morgado, A. E. J., Estudo acústico de igrejas portuguesas através de parâmetros subjectivos., Universidade do Porto (1996)., Retrieved from [https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/11190/2/Texto integral.pdf](https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/11190/2/Texto%20integral.pdf).
- [7]-Pereira, R. N., Caracterização Acústica de Salas. Universidade Técnica de Lisboa (2010)., Retrieved from <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395142240629/Tese.pdf>.
- [8]-Plc, C. R., Calculation of NR & NC Curves in the optimum sound level meter and the Noise Tools software. (2011) Retrieved December 8, 2016, from http://www.cirrusresearch.co.uk/library/documents/technical_papers/TN31_Calculation_of_NR_and_NC_Curves_in_the_optimum_sound_level_meter_and_NoiseTools_software.pdf.
- [9]-Queiroz de Sant'Ana, D., & Trombetta Zannin, P. H., Acoustic evaluation of a contemporary church based on in situ measurements of reverberation time, definition, and computer-predicted speech transmission index., *Building and Environment*, 46(2)., (2011) 511-517. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.08.015>.
- [10]-SFPE., Speech Intelligibility., *Fire Protection Engineering* Nº 16., (2002) 16-18. Retrieved from <http://www.gold-line.com/pdf/articles/speechin.pdf>.
- [11]-Tadeu, António; Mateus, D., Comportamento acústico de edifícios., Coimbra: Laboratório de Construções da Universidade de Coimbra (2001).

ARTIGO REF: 6908

O IMPACTO DO PROJETO NA EXECUÇÃO DE OBRAS DE REABILITAÇÃO PREDIAL

Luiz Henrique Costa Oscar^{1(*)}, Maiane Ramos da Silva²

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro, Núcleo de Pesquisas em Planejamento e Gestão,
Rio de Janeiro, Brasil

²Universidade Federal do Rio de Janeiro, Núcleo de Pesquisas em Planejamento e Gestão,
Rio de Janeiro, Brasil

(*)*Email*: lhcosta@poli.ufrj.br

RESUMO

A construção civil possui múltiplas interfaces, ferramentas e técnicas. Para um projeto, o alinhamento entre estes elementos entrega como resultado a obra concluída. Porém o caminho a percorrer até a entrega demanda atividades constantes de profissionais do setor. A peça chave desta engrenagem é o projeto, que se não for conduzido adequadamente pode comprometer o sucesso da obra. O projeto torna-se ainda mais relevante ao tratarmos de edifícios antigos, pois ao antecipar as possíveis intervenções é possível mitigar problemas inerentes ao partido arquitetônico, compatibilização de projetos, adequação de técnicas, ferramentas e profissionais para transitar neste contexto. A ausência de estudos específicos de projetos de reabilitação causam prejuízos, em especial no momento atual, com mercados cada vez mais competitivos e onde qualquer dificuldade em gerir estes problemas pode definir se uma construtora irá prosperar ou deixar o mercado. Ao observar as interfaces expostas pelo proprietário, gerenciadora, projetista, construtor e administrativo, é possível antever as contingências e, em conjunto, definir as métricas e soluções para que a reabilitação tenha o menor impacto possível causado pelo projeto. Deve-se ainda encarar a gestão dos projetos de reabilitação como um processo que tem uma metodologia para tratamento. Portanto empregase mais rapidez na compatibilização, substituições de revisões e etc. Com isso há a minimização das não conformidades uma vez que pode-se alinhar o padrão construtivo às soluções necessárias. O objetivo deste artigo é apresentar os principais elementos de projetos de reabilitação e indicar as boas práticas que devem ser adotadas para minimizar os impactos que eles causariam na fase de execução.

INTRODUÇÃO

As intervenções no ambiente construído, particularmente nos prédios antigos, se tornam dia-a-dia mais específicas no que tange ao planejamento, processos executivos e escolha de materiais. A necessidade de conciliar contemporaneamente, inovação tecnológica e conservação do bem cultural edificado indica que nenhuma reabilitação pode prescindir de projeto. Por conseguinte, uma das dificuldades observadas, ao longo da última década, foi a de conciliar o patrimônio edificado com o desejo de renovação urbana, pois muitas gerações de profissionais foram conduzidas ao aprendizado de só executar obras novas.

“Com a orientação do mercado para a construção nova perdeu-se o conhecimento e capacidade tecnológica indispensável à reabilitação dos edifícios antigos” (Freitas, 2012).

O sucesso de uma intervenção depende da experiência e capacidade organizacional que foram negligenciadas, quanto ao valor utilitário e físico do bem edificado, em prol de políticas de descarte, sem ser reconhecida a possível recuperação do edifício. Para tanto estudos específicos de projetos são indispensável para este fim.

“O projeto na construção civil envolve cada vez mais especialidades, ao mesmo tempo em que exigências de prazo, custo e desempenho são maiores. A qualidade do projeto tem impacto no processo construtivo e nas etapas de uso e ocupação do edifício, influenciando o seu comportamento ao longo da vida útil.” (Carraro e Oliveira, 2015).

Entretanto, o IBAPE (2013) afirma que apenas 61% das obras iniciadas conseguem manter o projeto original. Este dado indica que os outros 39% tiveram impactos diretos no prazo necessário para alteração destes projetos, influência no custo envolvido em alterações necessárias de logística, programação das atividades de execução que obrigatoriamente aguardaram as revisões necessárias no projeto. Assim, o fracasso em um empreendimento pode ser causado por objetivos mal definidos e não compreendidos pela equipe, a simultaneidade de atividades sem coordenação entre empreiteiros, falta de habilidades na compatibilização da execução e das técnicas adotadas e projetos baseados em informações insuficientes, inadequadas ou inconsistentes. Neste cenário surge a demanda contínua por profissionais atentos e capazes de mitigar os impactos em obras de reabilitação.

Segundo Ávila (2011), à medida que as etapas de projeto avançam, menor é o poder de antecipação dos problemas no canteiro de obras, sobretudo em intervenções no bem edificado, já que algumas falhas e incompatibilidades serão detectadas apenas durante a construção e nesta fase a equipe de projeto deve estar apta para transitar entre os seguintes fatores:

Elementos inovadores: na concepção do projeto devem ser estudadas as interfaces executivas que estes exigirão com os elementos já consolidados. Questões relativas às licenças, aspectos sanitários, questões ambientais, normas e garantias que a intervenção se propõe também deverão ser observadas.

Compatibilização de projetos: com a evolução nos métodos construtivos e de projeto deve-se explorar ao máximo o tempo de concepção, para que se evitem problemas nas fases posteriores, buscando melhoria contínua, economia de tempo e de insumos.

Controle cruzado: deve-se executar o cruzamento do projeto nos diversos pacotes de trabalho, para cada interface, estabelecendo como serão distribuídas as obrigações que gerem influência no projeto pela gerenciadora, fiscalização e por equipes especialistas externas e indicando como serão alocado e controlado as aprovações, certificações e controles tecnológicos.

Planejamento de alternativas: neste ponto está o preparo para alcançar a qualidade necessária para o projeto, a definição do escopo, o conhecimento dos gargalos técnicos e os insumos disponíveis na região e a elaboração de plano de contingências e de atividades secundárias.

Melhado (2010) descreve a relação da fase do projeto com sua possibilidade de interferência no custo de produção. Indica que nas fases iniciais as interferências necessárias nas premissas de projeto podem causar menos impacto, pois não há equipes e equipamentos mobilizados, os custos podem ser previstos, contratos estão em definição de escopo, enfim, as demandas são contornáveis.

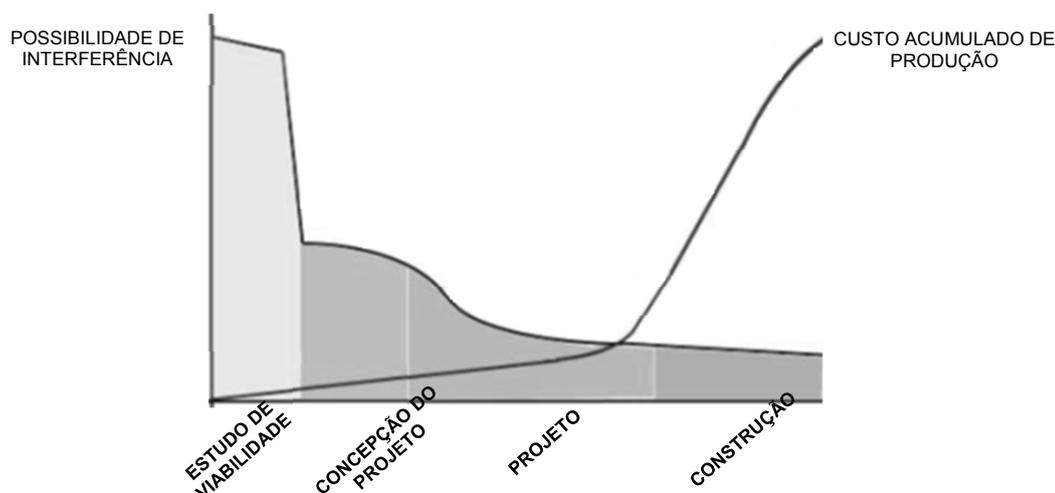


Fig. 1 - Capacidade da fase do projeto influenciar o custo de produção.

Com o avançar da fase de projeto há um incremento do custo e diminuição da possibilidade de interferências, sobretudo em atividades que demandam uma definição mais aprofundada em um partido definido. É recomendado que o projeto de intervenção seja liberado para obra somente em sua fase final, pois a partir desta, além do custo acumulado, o prazo necessário para sua concepção irá superar as fases já definidas da obra conforme indica a figura 1. Qualquer interferência nesse momento já é causa de impacto. O impacto é a colisão entre dois ou mais corpos e a influência dele no contexto da reabilitação nos remete ao cumprimento das metas estabelecidas de prazo, custo (orçamento) e desempenho funcional.

Gestão de contratos de reabilitação predial: a equipe envolvida com a gestão do empreendimento deve ter conhecimento dos documentos apresentados às empresas participantes da licitação, nestes constam os objetivos do empreendimento, técnicas necessárias, qualificação e quantitativos de materiais, regime de trabalho, características da obra, prazo de execução, forma de pagamento e projetos necessários.

O detalhamento destes projetos, conhecimento de fornecedores específicos, levantamento correto destas atividades e cláusulas que indicam ao construtor que observar todos os documentos relativos ao empreendimento definem o cenário que este irá transitar até a entrega. Ao observar as interfaces expostas pelo proprietário, gerenciadora, projetista, construtor e administrativo, é possível antever as contingências e, em conjunto, definir as métricas e soluções para que o empreendimento tenha o menor impacto possível causado pelo projeto.

O PROJETO E SEUS IMPACTOS

As construtoras possuem setores que cuidam dos projetos, especificações, planejamento e orçamentos, cotações, compras e contratações, produção e fiscalização. São nestes setores que o projeto transita e onde é necessária a atenção dos envolvidos a problemas de projeto. Existindo uma integração entre eles, os projetos passam por controles cruzados que ajudam a identificar possíveis demandas de correção. Na fase de orçamento, com a realização do levantamento quantitativo, é a primeira fase após o projetista onde é possível realizar uma execução prévia da intervenção. Nesta atividade deve-se identificar os elementos constituintes

da construção e fazer uma primeira verificação sobre o entendimento das informações do projeto de reabilitação.

Elabora-se também a estrutura analítica de trabalho e o cronograma, para identificar as contingências e definir o prazo da obra, como boas práticas de gestão de projetos. Também, ao encaminhar o levantamento para cotação é possível identificar se há disponível em mercado os itens especificados, bem como se as informações do projeto levam ao elemento correto. Com a prévia do orçamento, iniciam-se as atividades do setor de compras e contratações, que deve checar se as especificações de projeto são suficientes para elaboração das licitações, se houve entendimento de outras empresas nas informações, e se estas serão capazes de realizar o projeto. Cabe ainda, nesta ocasião a oportunidade de promover aos proponentes da licitação a oportunidade de indicar quaisquer dificuldades na interpretação dos projetos, quantitativos e documentações da intervenção necessária. As informações de projeto neste momento podem ser retroalimentadas de modo a permitir as revisões necessárias, para então encaminhar para a produção, conforme indicado na figura 2.

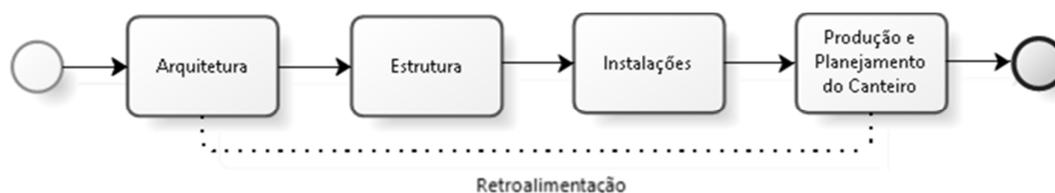


Fig. 2 - Fluxo de informações para concepção do projeto.

Ao percorrer estas disciplinas é possível identificar os principais detalhes de projeto, sejam elas as interferências entre especialidades, exequibilidade, quantidade de informações, complexidade, integração e dimensionamento de contingências. Apesar de todo cuidado até este momento ocorrem falhas nos projetos, levando ao construtor a ficar atento quais são as principais, como mitiga-las ou eliminá-las, pois qualquer identificação de falha antes de enviar os projetos para a produção reduzem significativamente os principais impactos do projeto na execução da obra. Neste cenário a coordenação dos projetos envolve a interação entre os stakeholders desde as primeiras etapas do processo de projeto, no sentido de discutir e viabilizar as adequadas soluções para projeto, sua execução e futuro desempenho. É importante ressaltar que a compatibilização de projetos é o elemento de superposição de projetos e interfaces diferentes que permite verificar as interferências e inviabilidades, cumprindo o objetivo de ser uma das principais ferramentas da coordenação de projeto.

Compatibilização de projetos

É a etapa que deve equalizar os projetos que já estão concebidos por suas disciplinas, trata-se de uma “malha fina” na qual possíveis erros possam ser detectados, sendo compreendida como imprescindível para evitar futuras anomalias.

“A compatibilização de projetos é responsável pela coerência entre os subsistemas, somando a equipe de projetos ao analisar as disparidades das soluções técnicas adotadas entre subsistemas”. (Manneschi, 2011).

“Realizada através da ação projetual, com verificação da sobreposição e da identificação de interferências entre as mesmas”. (Santos et. Al, 1998).

“Análise, verificação e correção das interferências físicas entre as diferentes soluções de projeto de uma edificação”. (Rodríguez, 2005).

Outro ponto a abordar são as fases necessárias para a compatibilização de projetos. O coordenador de projetos deve percorrer as etapas desde o diagnóstico do processo de projeto até sua definitiva entrega à produção. A figura 3 indica as etapas intermediárias onde há a definição da equipe, capacitação de terceiros e outras ações que permitem ao coordenador de projetos ter a dimensão das incompatibilidades e as soluções que devem ser adotadas. A etapa de verificação deve ter critérios que permitam um resultado ágil e eficiente, pois é nela que deverão ser identificadas as possíveis incoerências entre projetos, a sua correção ou a aprovação para que este projeto seja encaminhado para a execução.

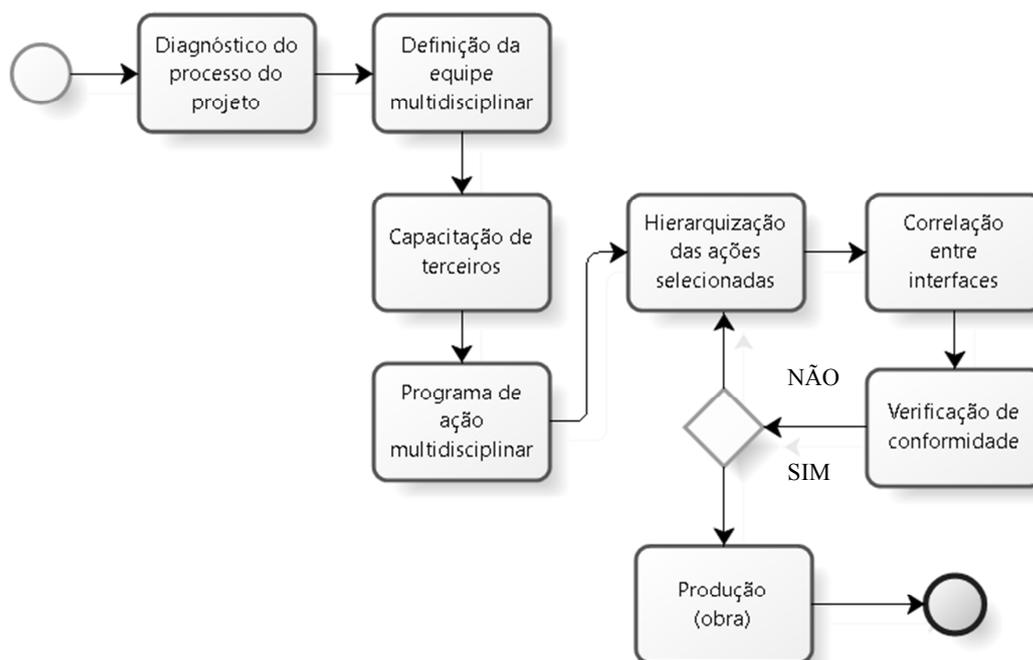


Fig. 3 - Processo de compatibilização.

As atividades na coordenação da compatibilização vão além da superposição de projetos, elas cumprem o papel de integrar as informações entre disciplinas, projetistas, construtores, sistemas construtivos, escopos e podem ser definidas como:

- Analisar as alternativas técnicas;
- Conhecer os projetistas envolvidos;
- Identificar as intervenções futuras;
- Estabelecer como comunicar e documentar;
- Verificar as interfaces nos processos executivos;
- Analisar problemas completos, com multi empreiteiros;
- Checar os sistemas construtivos e seus escopos;
- Ser proativo e analisar o futuro da construção.

A compatibilização do projeto é um processo que receberá as premissas das disciplinas de projeto, boas práticas de engenharia, dados de campo, questões legais e equipe envolvida, permitindo assim, a entrega do projeto consolidado.

Os profissionais de compatibilização de projetos devem conhecer a gestão do processo do projeto (como é que funciona), o planejamento do processo do projeto (como é sequenciado) e a logística de execução adotada para o empreendimento como um todo, vinculando o seu escopo a cada subsistema contratado (especificação, contratação, aquisições, certificações, comissionamento).

Contudo é indicado que há dificuldades na compatibilização dos projetos. O American Institute of Architects fez um estudo que apresenta como principais dificuldades a diminuição do número de profissionais qualificados, envolvimento em vários projetos ao mesmo tempo, dificuldades de comunicação, identificação das necessidades do usuário e mudanças de ordem por solicitação do cliente. Estas dificuldades na compatibilização de um projeto também podem ser elencadas em função de seus atores como é indicado no quadro 1.

Tabela 1 - Dificuldades e suas responsabilidades em compatibilizar projetos.

Responsabilidade do cliente	Responsabilidade do projetista
Postergação de decisões no desenvolvimento dos projetos	Desinteresse e ignorância sobre os demais projetos (nas fases e necessidades)
Fornecimento de dados incorretos ou incompletos para desenvolver o projeto	Falta de normalização na troca de informações entre os projetistas
Falta de capacidade para análises técnicas e tomadas de decisão	Pouco conhecimento das técnicas executivas da obra

Contudo, temporalmente, é indicado que a compatibilização seja realizada no projeto executivo da intervenção, pois é nesta fase que o projeto é consolidado de modo que seja possível ter cuidado com as mudanças necessárias. Adicionalmente as interferências entre disciplinas são identificadas com mais precisão após entrega de suas versões “finais”. Recomenda-se ainda que seja definido o escopo da compatibilização indicando os profissionais envolvidos, construção de um cronograma para execução do escopo, devidamente validado com toda a equipe e principalmente com registro de todas as medidas tomadas. É no projeto executivo que ocorre o afinamento do que será reabilitado, pois apresenta a visibilidade de como executar (interação entre projeto e produção), detecta as interferências minuciosas e contribui no planejamento da obra (decisões racionalizadas).

Processo projetual e suas influências

As interfaces do projeto devem ser observadas para garantir o sucesso na execução. Para tanto o levantamento de dados deve fornecer dois aspectos relevantes para sua concepção, o programa de necessidades do cliente e o partido definido de projeto. Assim, para elaboração do projeto, deve se reconhecer dados anteriores, programas as necessidades (previsões de datas e qualidade), confirmar o partido arquitetônico, verificar as limitações de ordem financeira e de tempo, checar a legislação de urbanização, checar a legislação quanto a órgão de tombamento e definir o proposto padrão construtivo. Além do citado, são definidas as interfaces com as boas práticas já estabelecidas pelo construtor, sejam elas o conhecimento de obras realizadas, o domínio sobre problemas ocorridos, as dificuldades com os fornecedores, procedimentos com projetistas, exigências cumpridas para fiscalização e condicionantes que não foram sucesso em intervenções anteriores.

Ferramentas computacionais

A partir da década de 90 os softwares e profissionais consolidaram o uso da informática para elaboração de projetos. No entanto, é preciso compreender que o computador é uma ferramenta, mas não faz milagres. A sua rapidez e capacidade podem proporcionar uma falsa sensação de segurança que nem sempre garantem resultados satisfatórios. Os programas de projeto estão ficando cada vez mais complexos.

Atualmente existem programas eficientes que são utilizados de uma maneira integrada, estão mais sofisticados no que tange a recursos e soluções que apresentam. É possível superpor projetos em 2D e 3D com ilustração clara das interferências entre projetos em uma mesma plataforma. O uso destas ferramentas propicia ganho de tempo para identificar impactos e permite que um projeto seja validado já em fases iniciais.

O próximo passo de evolução desses sistemas é a plataforma BIM, que insere os elementos do projeto indicando de imediato que dois corpos não ocupam o mesmo lugar no espaço, garantindo a intervenção do projetista para mitigar possíveis problemas.

Construtibilidade

A construtibilidade pode ser entendida, segundo Oliveira (1995), como a habilidade ou facilidade deste em ser construído. Este conceito foi ampliado de modo a alinhar a experiência técnica com as premissas do projeto através do pleno conhecimento da tecnologia construtiva a ser adotada no empreendimento. A falta de troca de informações entre construtores e projetistas não ocorre, contribuindo para que os profissionais cometam os mesmos erros. Na reabilitação predial este problema é agravado por lidar com subsistemas antigos, que demandam ainda mais investigações para decisões do como intervir.

Nesse sentido, a construtibilidade procura integrar o conhecimento e experiência construtiva com as técnicas para elaboração de projetos. A principal ferramenta da construtibilidade é a gestão do projeto com base na racionalização construtiva através de uma estrutura organizacional que permita a integração entre os diversos profissionais envolvidos no processo de projeto, utilizando para tal uma comunicação eficiente, formando uma equipe multidisciplinar e contando com a participação do cliente.

- Para tal é proposto a execução das seguintes atividades:
- Realizar reuniões regulares com a equipe;
- Criar função do coordenador do projeto;
- Formalizar o processo de projeto, desenvolvendo parâmetros e indicadores;
- Descentralizar a tomada de decisão, tomando as de forma conjunta da equipe;
- Simplificação do projeto levando a execução mais fácil em canteiro;
- Fazer comunicações mais precisas e eficazes de elementos contidos no projeto;
- Gerenciar a execução das atividades no canteiro;
- Aumentar a eficiência no uso dos recursos disponíveis para projetar e construir;

O Construction Industry Institute definiu os princípios que devem ser alcançados para alcançar a um projeto enquadrado na construtibilidade, quadro 2, indicando ainda o conceito de cada um para alinhar o entendimento da equipe que participará da intervenção.

Tabela 2 - Princípios da Construtibilidade.

Princípios da Construtibilidade	
Princípio	Significado
Integração	A construtibilidade deve ser parte integral do planejamento do empreendimento.
Conhecimento de construção	O planejamento do projeto deve envolver ativamente o conhecimento e a experiência de construção.
Habilidade da equipe	A experiência, habilidade e composição da equipe do empreendimento devem ser apropriadas para o mesmo.
Objetivos corporativos	Construtibilidade é aumentada quando a equipe tem o entendimento dos objetivos do cliente e do empreendimento.
Recursos disponíveis	A tecnologia da solução de projeto deve ser compatível com a habilidade e recursos disponíveis.
Fatores externos	Fatores externos podem afetar o custo e/ou o programa do empreendimento.
Programa	A totalidade do programa do empreendimento deve ser realista e adequado à construção, devendo ter a concordância da equipe.
Metodologia construtiva	O projeto deve considerar a metodologia construtiva.
Acessibilidade	Construtibilidade será aumentada se a acessibilidade da construção é considerada no projeto e nos estágios de construção.
Especificações	A construtibilidade do empreendimento será aumentada quando a eficiência construtiva é considerada na elaboração de edificações.
Inovação na construção	O emprego de técnicas inovadoras durante a construção cai aumentar a construtibilidade.
Retroalimentação	Construtibilidade pode ser aumentada em futuros empreendimentos similares se uma análise pós-ocupação é realizada pela equipe do empreendimento.

A construtibilidade permite a visão do todo e nela é possível identificar o gargalo. Uma diferença em relação ao processo tradicional é que a fase de anteprojeto possui dupla rodada, isto é, ela não finaliza suas atividades dando sequência ao projeto legal. O anteprojeto segue para a etapa de pré-executivo onde lá as disciplinas estão envolvidas e trazem suas boas práticas. A partir deste momento as informações retornam para o anteprojeto contribuindo para que este já contemple as boas práticas de execução. Assim, tem como resultado um anteprojeto mais sólido que fornece maior precisão das informações da reabilitação, e conseqüentemente, antecipa às disciplinas informações mais seguras para as suas soluções.

Deve-se ressaltar, que uma das diretrizes mais eficientes é que este procedimento se faça na fase de concepção do projeto e deve ser implantado nas diversas fases de projeto, ao longo do seu ciclo de vida da intervenção, assumindo diferentes níveis de formalidade. Quanto mais cedo houver a implementação, maiores serão os resultados, dentre eles encontram-se a diminuição das tarefas e aumento da eficiência, diminuição das dificuldades na execução, melhoria de tecnologia e métodos construtivos, aumento da interação entre projetistas e construtores e adoção do mesmo ponto de vista entre os envolvidos. Os benefícios podem ser qualitativos ou quantitativos e variam de acordo com fatores como capacitação da equipe, melhoria na relação entre participantes, redução de retrabalhos, redução de dúvidas e revisões de projeto, redução no custo da equipe e conseqüente do projeto.

As relações sociais também são condicionantes, pois encoraja o trabalho em equipe, permite a criatividade levando a enfoques inovadores, enfatiza a integração total do empreendimento e permite a avaliação dos resultados obtidos.

“As empresas devem criar base de dados e incentivar a consulta dos registros de experiências construtivas já vivenciadas da aplicação da construtibilidade, onde devem ser claramente especificados, os passos, os procedimentos da construção para o desenvolvimento de projetos futuros, desde que seja assegurado o fácil acesso a estes registros, a sua permanente atualização bem como a qualidade dos respectivos conteúdos.” (Silva, 2006).

Existem inúmeros princípios apresentados pela literatura, contudo este conceito é pouco explorado, pois as empresas tem dificuldade de interpretar e implementar a construtibilidade durante o ciclo de vida do projeto, demandando um maior aprofundamento das perspectivas e expectativas do setor visando mitigar impactos de projeto neste contexto. Contudo é importante indicar que projetos mais simples levam a soluções mais econômicas e estas não necessariamente são o desejo do cliente, sobretudo ao falarmos de regras impostas pelas municipalidades para intervenção em bem edificado. Este ponto leva a uma direção de que a construtibilidade deve ser amplamente estudada em construções complexas.

O PROJETO E A SUA EXECUÇÃO

As atividades do construtor até o início da intervenção são relevantes, contudo mesmo após todos os esforços para mitigar os impactos do projeto na obra, existem falhas de projeto que só podem ser identificadas durante a execução da reabilitação. Assim, o projeto executivo liberado para execução pode conter vícios que não foram identificados em fases anteriores e é neste momento que os impactos podem ser incontroláveis. É importante ressaltar que qualquer necessidade de alteração de projeto influirá diretamente no prazo de entrega do empreendimento, principalmente se o subsistema envolvido estiver em execução.

Detalhamentos

O nível de detalhamento dos projetos contribui para o entendimento da equipe de produção sobre os objetivos do projetista. Os projetos com poucos detalhes aumentam erros de interpretação e conseqüente erros de execução, que podem gerar impactos no custo, retrabalhos ou dificuldades em atingir a qualidade no produto desejado. O valor de gasto médio no Brasil em projetos é de 3% do valor do empreendimento, enquanto que em países mais desenvolvidos este gasto médio é de 6%, ou seja, o dobro do que se gasta em projetos. Este investimento a mais permite melhores detalhes e soluções mais elaboradas para que o objetivo seja atendido. Importante ressaltar que além de abrir margem para erros de interpretação, a falta de detalhamento do projeto seria um influenciador no planejamento da execução do serviço. Este pode ser comprometido, no sentido de que o prazo estabelecido e os recursos alocados podem vir a se mostrar insuficientes induzidos pela falta de conhecimento prévio detalhado sobre a metodologia construtiva a ser adotada. Assim, os detalhamentos evitariam que o profissional possa tomar decisões errôneas do que fazer, pois já prevê o que será construído e como deve ser feito. Este procedimento contribui para que a qualidade da reabilitação seja alcançada, pois com estas especificações é possível manter o que foi dimensionado.

A ausência de detalhamentos pode implicar em um risco para ocorrer erros de interpretação quando da execução. Um detalhamento destacará os detalhes mais complexos de uma obra,

tais como portas, janelas, telhados, caixilhos, piso, desenho de piso, desenhos de alvenarias e fechamentos, tipos de acabamento, tipos de alvenarias a ser usadas, bem como outros detalhamentos de redes elétricas e hidráulicas, que tem uma complexidade ainda maior.

Outro exemplo de detalhamento é quando existe a demanda para que a edificação seja adequada para portadores de necessidades especiais. Este tipo de informação também é prevista em norma e propõe que além da movimentação por todo empreendimento, estejam previstos que os comandos de todos os subsistemas estejam adequados para o uso dentro das limitações do usuário. Portanto, a acessibilidade deve ser garantida a pessoa com deficiência física, visual, auditiva, mental e múltipla, o que gera varias situações, de acordo com as normas técnicas da ABNT. Basicamente, esta acessibilidade pode ser garantida com rampas de acesso ao imóvel, elevadores de acesso à área externa do imóvel, sanitários adaptados, piso tátil e direcional, estacionamento ou garagens reservadas, escadas com corrimão e circulação interna acessível.

De acordo com a destinação do imóvel, como, por exemplo, clubes, escolas, cinemas, teatros, estádios esportivos, devem ocorrer outras obras para a garantia da acessibilidade, como nas quadras esportivas, salão de festas e reuniões, piscinas, saunas, portarias, secretarias com móveis rebaixados, bibliotecas, laboratórios, áreas de lazer, quadro negro, carteira, reserva de espaço em auditórios. Na verdade, são inúmeros os requisitos necessários para se garantir que o imóvel está acessível à pessoa com deficiência, devendo o mesmo passar por análise de profissional técnico da área (engenheiro ou arquiteto).

A abrangência da necessidade segundo a norma 9050 leva em conta que há o envelhecimento da população e que alterações deste tipo em edificações sem esta previsão podem se tornar inviáveis quando da necessidade do morador. Pode-se afirmar, com base em dados do IBGE que, em 30 anos, a proporção de idosos brasileiros passará dos atuais 7,8% para 15% da população (2020), e em 2050 os idosos deverão ser 50% da população, além da expectativa do aumento da expectativa de vida, como indicado no quadro 3.

Tabela 3 - Expectativa de vida ao longo do tempo

Anos da pesquisa	Expectativa de vida	Taxa de fecundidade
1950	54,2	4,69
1990	68,2	2,40
2000	70,5	2,33
2009	73,1	1,94
2013	75,0	1,90

Assim como em qualquer empreendimento de Construção Civil, pode-se afirmar que, quando os elementos construtivos para garantir a acessibilidade são incluídos no projeto da edificação, o custo destes cai consideravelmente, até tornar-se desprezível. O custo de uma reforma em edificios convencionais para permitir a acessibilidade aos PPD é calculado na média entre 0,12% a 0,50% do custo inicial de construção. Porém, se o mesmo edificio fosse projetado e construído sem barreiras arquitetônicas, o custo dos elementos necessários para a

acessibilidade reduz-se para a faixa entre 0,0006% e 0,13%. O impacto financeiro é pequeno em relação ao impacto causado em intervenções após a conclusão da construção.

Entregas parciais e informações insuficientes

A dinâmica de uma obra de empreitada envolvendo a reabilitação de um empreendimento inicia-se na disponibilização dos documentos da licitação, composto por memorial descritivo, projetos e levantamentos. É neste momento que é definido o escopo. A construtora recebe as informações pertinentes à obra e nelas se baseia para elaboração da proposta, indicando o valor do contrato, prazo de execução, cronograma e atestados de capacidade para realização do empreendimento.

Foi apresentando no item 2.1 que problemas de falta de informação por responsabilidade do cliente prejudicam a compatibilização, adicionalmente causa impacto na execução quando os projetos chegam à obra com informações insuficientes comprometendo a interpretação do objetivo. Neste momento são assumidas dificuldades em executar o estabelecido que, se seguido desta maneira, pode contribuir para diminuir o desempenho funcional ou mesmo inviabilizar a execução, impactando no prazo e na qualidade prevista.

Sotile (2014) recomenda que em caso de entregas progressivas estas contenham a maior parte do conteúdo do projeto e que o aprazamento entre elas seja curto. Todas as entregas devem estar alinhadas com a execução da obra respeitando os prazos definidos. Os documentos devem conter o termo de recebimento com período limite para recebimento por parte do construtor.

Outro ponto importante é que a entrega parcial esteja muito próxima da entrega final, deixando para a entrega final o mínimo de elementos que não impactem significativamente na programação da execução da obra. Trazendo a tona principalmente que a apresentação da totalidade dos projetos é fundamental para a validação das atividades e garantia de que a construtora tem as informações necessárias para concluir o empreendimento.

Alterações de escopo

O projeto executivo e o memorial descritivo são os principais documentos que definirão o escopo da obra para quem o executará. Eles permitem a construção da estrutura analítica do trabalho (EAT), cronograma e planilha orçamentária. A etapa a seguir é a definição da construtora, elaboração do contrato e autorização para início da obra. Na execução da obra o projeto pode impactar escopo por aspectos relativos a alteração das quantidades previstas, necessidade de alteração de premissas de etapas predecessoras ou por solicitação do cliente. As informações de projeto devem ser trabalhadas para evitar informações insuficientes, incompletas e divergentes. Quando isto ocorre as consequências aparecem na alteração do escopo. Adicionalmente se esta documentação já estiver autorizada para execução as alterações em prazo e custo serão rapidamente identificadas e cobradas do contratante. A forma mais adequada de mitigar os impactos causados por alterações de escopo é o investimento temporal e financeiro na fase de elaboração dos projetos.

“Portanto, o sucesso de um projeto está diretamente ligado a garantir que o mesmo vai satisfazer as necessidades para as quais foi desenvolvido. Assim, sem uma definição correta do escopo não será possível gerenciar o projeto, seus custos, prazos e necessidades. Se o escopo não estiver claro, a contratante e até mesmo a própria contratada poderá considerar que as mudanças estão dentro do escopo contratado inicialmente e terão grandes

dificuldades em absorver acréscimos, ocasionando prejuízos para ambas as partes ao resultado final do empreendimento” (Dias, 2014 - PMBK).

Integração entre fases de execução

Segundo Limmer (1997) o que se tem observado, tanto na execução quanto no gerenciamento da maior parte das construções habitacionais, é a predominância de um sistema informal. Não há, entre as várias equipes participantes do processo, a integração mínima e necessária para racionalizar os procedimentos de implementação do projeto. Assim, o arquiteto desenvolve o projeto de reabilitação, com base no qual o engenheiro viabiliza as intervenções, e por sua vez, os engenheiros de instalações elaboram o projeto de suas especialidades. Cada um realiza o trabalho segundo a sua percepção, sem trocar informações com os demais integrantes do processo de criação, surgem daí as incompatibilidades de projeto como as discutidas no item 2.1, que só virão à tona na hora da execução, isto é, durante a obra.

Numa época em que se fala em qualidade e, por via de consequência, em produtividade, é preciso que o gerenciamento de uma reabilitação seja feito como um todo, concatenando-se recursos humanos, materiais, equipamentos e também políticos, de forma a obter-se a obra concluída dentro dos parâmetros de prazo, custo, qualidade e risco previamente estabelecidos. Uma vez resolvido o problema de compatibilização dos projetos surge a necessidade de planejar a execução do projeto, definindo as atividades a desenvolver, sua temporização, a interdependência entre elas e os recursos necessários. Caso o projeto apresente problemas com a compatibilização, construtibilidade, exigências em alcançar padrões e informações insuficientes, como consequência causará impacto no prazo das atividades previstas no planejamento.

Outro aspecto é quando a execução de uma disciplina não é compatível com a seguinte, causando gargalos entre etapas e a necessidade de maior estudo desta integração. Em caso de atrasos deve-se propor alternativas que superponham atividades, aumentem recursos ou ambas. E é neste momento que identificamos o impacto do projeto na integração entre as fases de execução, de modo geral explicitados no custo.

Interferências do canteiro e o impacto no projeto

A fase de projeto e construção do canteiro de obras não permite tempo hábil para a compatibilização entre o que vai ser construído e o que é o canteiro, o que pode gerar de dificuldades na execução. Adicionalmente para obras de reabilitação, faz-se necessário canteiros cada vez mais confinados, ou até mesmo, internos ao bem edificado. Estes devem ser estudados para premiar soluções que viabilizem a execução da obra em sua plenitude, garantindo a entrada e saída de equipamentos, abastecimento de insumos e áreas de vivência adequadas. Para tanto é importante checar as premissas adotadas no orçamento, verificando se é possível alinhar as expectativas de prazos para implantação do canteiro e de início de serviços preliminares.

É na fase de canteiro que os fatores locais se tornam presentes, dificultando a integração do projeto com a execução e sofrendo influência de elementos que podem não explícitos na fase de elaboração dos projetos. As condições de entorno, atividades da região, acessos e horários para utilização da via, posicionamento de equipamentos e condições dos vizinhos são fontes de incertezas para execução da obra. Para tanto é recomendado, sempre que possível, tornar flexível o conjunto produtivo (modular), com facilidades para mudanças posteriores a

implantação do layout, pois o canteiro evolui com o decorrer da obra e principalmente com a fase a qual ela se encontrará.

Deve-se ainda prever as necessidades de espaço nos vários locais da obra, equilibrando as áreas físicas e volumétricas do canteiro e conseqüentemente, antever superposições de planos de trabalho equalizando as condições de higiene e segurança no canteiro.

Considerações regionais

Neste âmbito há duas considerações regionais a expor. A primeira refere-se às dificuldades em construir em locais que não possuem infraestrutura de apoio. A cidade como fonte fornecedora de materiais, equipamentos e mão de obra está distante e o tempo para a provisão destes elementos se torna a principal causa de atrasos, uma forma de contornar isso é um planejamento consolidado, contudo, com a cultura construtiva atual, uma empresa tende a levar seu conhecimento para a cidade pequena se dando conta de dificuldades quando do início da intervenção.

Como impactos na execução das intervenções, as decisões referentes à escolha de sistemas construtivos e diretrizes técnicas, cujas decisões estavam relacionadas à expectativa de conclusão da obra, torna-se fonte de impacto por não possuir fornecedores aptos a cumprir a demanda. A mão de obra local de regiões distantes é capaz de assumir apenas serviços de baixa formação e em função do vulto da obra, o número de profissionais qualificados com origem dos grandes centros se tornam insuficientes para compensar os locais. Este cenário faz a região apresentar um potencial impacto na qualidade do empreendimento, apesar de custos mais altos para a execução.

A segunda consideração é em relação a gestão do projeto. As tomadas de decisão da obra estão na matriz e o tempo de resposta à contingência também se torna um problema se não tratada adequadamente ou mesmo, se não possuir níveis de tomada de decisão intermediários quanto à solução de impactos. As principais dificuldades apontadas pelos profissionais foram o relacionamento entre equipes, informações limitadas, incompatibilidade de rotinas, problemas com a elaboração de documentos como contratos e carteira de clientes, em grandes volumes, tendo em vista que o volume da produção e das atividades quando cresce rapidamente, não permite tempo hábil para a adequação e treinamento da estrutura. Em ambas as considerações, as diferenças de expectativas devem ser identificadas para evitar impactos. Um dos desafios para é a realização de análises mais criteriosas na fase de planejamento de forma que se tenha maior conhecimento das necessidades, expectativas e limitações da obra.

Apesar dos desgastes que podem ocorrer, os conflitos culturais e regionais contribuem para amadurecimento e aprimoramento das competências das empresas envolvidas e para a profissionalização. Entende-se que este incremento deve ser tomado como aprendizado para o planejamento, constituição e condução de futuras parcerias para que as empresas possam extrair o máximo dos benefícios que uma parceria pode proporcionar na execução dos projetos.

Equipe de execução da obra

O projeto até início da intervenção foi concebido, dimensionado, avaliado, corrigido, contratado, aprovado e passou por inúmeras atividades de gestão. No item 2.4 deste artigo foram apresentadas técnicas que facilitam a execução e conseqüentemente contribuem para a

produtividade. Entretanto todo empenho gerencial empregado no projeto nos remete a uma discussão sobre um elemento que não é projetado, que é a mão de obra capaz de executá-lo.

O mercado está carente de profissionais preparados para lidar com as novas tecnologias introduzidas no mercado e principalmente, com a filosofia sistêmica da construção visando projetos cada vez mais eficientes e sistemáticos em contraponto a atividades de reabilitação predial.

Os projetos complexos e modernos demandam mão de obra cada vez mais preparada para sua execução. A construção civil no Brasil tem atividades essencialmente artesanais, será necessário criar uma metodologia para preparo de mão de obra capaz de identificar e executar as atividades, prevendo já nas etapas de concepção do projeto, como mitigar os impactos que o projeto pode causar na execução por não gerir a necessidade de profissionais capazes de executá-lo.

Para tal na fase de projeto deve-se avaliar e estimar a quantidade de períodos de trabalho que provavelmente será necessária para completar cada atividade definida na rede de precedência, não deixando de considerar as características da equipe. Normalmente este trabalho é realizado pelos profissionais que tiverem maior familiaridade com o projeto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto na construção civil, em especial quanto tratamos de intervenções no bem edificado, é a principal ferramenta para indicar como as atividades de uma obra devem ser executadas. São inúmeros os impactos causados por projetos que não foram conduzidos adequadamente. Contudo, ferramentas gerenciais que visam compatibilizar os projetos, com foco em construtibilidade, eficiência e boas práticas não são suficientes se aliado a isso, não existir a união destas práticas com a adoção de métodos que respeitem tempos e etapas para concepção de soluções. Ainda neste contexto, o tempo adequado na gestão dos projetos leva a percepção de interferências, detalhes construtivos e integração de técnicas construtivas convencionais e industrializadas. O tempo que me refiro também contribui para que as atividades sejam amadurecidas e sigam para a execução com o maior número de informações possível. Para tanto é importante observar que além do estudo na fase de projetos, devemos ter nesta fase o empenho na aplicação das técnicas apresentadas e já conhecidas a pelo menos duas décadas.

Entretanto, ao comentar sobre a fase de execução da reabilitação no canteiro de obras, premiar as técnicas que facilitam a execução da obra leva a demanda obrigatória por preparar o canteiro de obras para absorvê-las e devolver respostas eficientes para logística, controle de produção, acompanhamento da mão de obra e gerenciamento da obra. Um projeto alinhado, compatibilizado e estudado pelos gestores do empreendimento dentro das boas práticas indicadas neste artigo são fontes preciosas para montagem do cronograma, programação e controle da obra. É conhecido que existem inúmeras ferramentas e técnicas para lidar com projetos cada vez mais complexos. Contudo estes são elaborados por pessoas e executados em contextos que envolvem muito mais elementos que os previstos por tais ferramentas. Conhecer estas interfaces contribui para que o sucesso do projeto seja alcançado com riscos minimizados.

As técnicas construtivas estão em constante evolução. Como sugestão é indicada o estudo sistemático da integração entre as fases de projeto, fase de execução da reabilitação e o canteiro. Além dos estudos de compatibilização entre os projetos, um estudo dirigido a compatibilizar as fases citadas, considerando as boas práticas e lições aprendidas pelo corpo técnico, pode ser um instrumento eficaz para preparar a Construção Civil para a próxima década, onde é seguro que as técnicas para intervenções no bem edificado serão cada vez mais necessárias.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Núcleo de Pesquisas em Planejamento e Gestão da Escola Politécnica da UFRJ e ao Programa de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da UFRJ, pelos estudos e propostas que propiciaram este artigo.

REFERÊNCIAS

- [1]-Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR 5674/2012. Gestão da Manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.
- [2]-Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR 16280/2014. Gestão das Reformas. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- [3]-ÁVILA, Vinícius Martins. Compatibilização de Projetos na Construção Civil, Estudo de Caso em um Edifício Residencial Multifamiliar. Monografia. Minas Gerais, 2011.
- [4]-BARROS NETO, José de Paula. Um Modelo de Compatibilização de Projeto de Edificação Baseado na Engenharia Simultânea e FMEA. Artigo- Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Escola de Engenharia de São Carlos-USP Construção Civil, São Paulo, 2001.
- [5]-Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia. Patologia da Construção Civil: Principais Causas. <http://ibape-rs.org.br>. Acesso em: março de 2017.
- [6]-CARRARO, M., OLIVEIRA, L. A.. Os Impactos do Processo de Projeto na Execução e Desempenho de Fachada. Trabalho apresentado no IV SBQP 2015. Universidade Federal de Viçosa.
- [7]-CII, Constructability Implementation Guide, Publication 34-1, Maio de 1993.
- [8]-FREITAS, V.P., Manual de Apoio ao Projecto de Reabilitação de Edifícios Antigos. ISBN 9789729991875, Portugal, 2012.

[9]-LIMMER, Carl V.. Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras. LTC, 1997.

[10]-NÓBREGA JUNIOR, C. L., MELHADO, S. B. Coordenador de projetos de edificações: estudo e proposta para perfil, atividades e autonomia. São Paulo: EPUSP, 2013. 227p.

[11]-OLIVEIRA, R. R. Sistematização e listagem de fatores que afetam a construtibilidade. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, 1995.

[12]-PMBK - Conhecimento e Experiência em Gerenciamento de Projetos
<http://pmkb.com.br/artigo/ma-definicao-do-escopo-causa-falha-em-projetos/> Acesso em: março de 2017.

[13]-SILVA, Carlos Eduardo Sanches. A importância da construtibilidade na gestão de projetos de construção civil. XIII SIMPEP. São Paulo, 2006.

[14]-SOTILE, Mauro Afonso. Gerenciamento do escopo em projetos. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2014.

ARTIGO REF: 6917

REABILITAÇÃO E REFORÇO DOS CAIS TRÊS E QUATRO DO PORTO DE MAPUTO

Pedro Cabral¹, Ana Luísa Coelho¹, Alexandra Neves^{2(*)}, Edgar Nascimento², Yasser Assane²

¹Armando Rito Engenharia - Moçambique, Lda

²TÉCNICA Engenheiros Consultores, Lda - Moçambique

(*)Email: aneves@tec.co.mz

RESUMO

As infra-estruturas que constituem os cais 3 e 4 do Porto de Maputo datam de 1914. Ao longo dos mais de 100 anos de existência não têm sido alvo de intervenções quer de manutenção quer de reabilitação significativas, encontrando-se num estado de degradação estrutural avançado. O desenvolvimento da actividade portuária no que diz respeito à entrada e saída de cargas, cada vez mais exigentes, obriga à existência de infra-estruturas que permitam a sua operação de forma segura. Neste âmbito, foi feita a avaliação estrutural das zonas de descarga dos navios tipo Roll on-Roll off dos cais 3 e 4, tendo em vista o seu reforço e reabilitação.

A estrutura dos cais 3 e 4 do Porto de Maputo é em betão armado do tipo porticada. A laje do cais apoia sobre uma grelha de vigas longitudinais e transversais que, por sua vez, descarregam em pilares/estaca. Apresenta, ainda, nos planos transversais, contraventamentos estabelecidos por tirantes e escoras inclinadas e, a um nível inferior, vigas longitudinais e transversais dotando a estrutura de uma elevada rigidez às acções horizontais de atracagem dos navios.

No artigo são apresentadas as soluções de reabilitação e reforço preconizadas para a reabilitação e reforço dos cais 3 e 4 do Porto de Maputo, que incluem a adição de armaduras e a aplicação de betão projectado, e particularidades da sua implementação em obra, no âmbito da Fiscalização. Em todas as fases foram tidas em consideração as condicionantes específicas dos cais e as solicitações impostas pelo Concessionário.



Fig. 1 - Terminal Automóvel - Cais 3&4 / Zona de descarga./ Vista da frente do cais

Tendo em vista a execução da avaliação estrutural das zonas de descarga dos navios que, por cada cais, consistem numa extensão de cerca de 35 m, foi feita a inspecção e levantamento da situação dos cais 3 e 4 em toda a sua extensão, tendo sido feito o mapeamento dimensional e patológico dos mesmos, incluindo o registo das anomalias identificadas nos diversos elementos estruturais de betão armado, a caracterização dos danos estruturais e respectiva avaliação do estado de conservação da estrutura.

Baseado no levantamento e inspeção executados, seguiu-se a avaliação estrutural que conduziu ao desenvolvimento de uma solução de reabilitação e reforço dos elementos estruturais (pilares, diagonais e vigas) por adição de armaduras e aumento da sua secção transversal, utilizando a técnica de betão projectado. A solução inclui a construção de uma nova laje de betão armado na zona de descarga, passando a laje existente a exercer apenas a função de cofragem, a remoção do betão destacado e preparação das superfícies com jacto de areia e jacto de água.



Fig. 2 - Vigas com armadura exposta. / Solução de reabilitação e reforço através de betão projectado.

No projecto foram definidos os materiais, as disposições construtivas e as especificações técnicas para garantir a durabilidade da intervenção, tendo em consideração o meio ambiente marítimo em que a estrutura de insere. Na fase de implementação foi exigida a correcta realização dos trabalhos, incluindo a realização de ensaios de controlo.

Do ponto de vista do projecto, a solução de aplicação de betão projectado na infra-estrutura do cais foi considerada a mais adequada e vantajosa, tendo em vista as exigências do Dono de Obra, nomeadamente, por ser executável em tempo útil, minimizar as interferências com o tráfego marítimo dos cais e ser economicamente viável. Contudo, a implementação deste tipo de tecnologia exige técnicos / operadores conscientes e especializados e um controlo de qualidade permanente, tendo em consideração a situação específica de Moçambique.

REFERÊNCIAS

- [1]-TÉCNICA- Engenheiros Consultores Lda, ARMANDO RITO Engenharia Moçambique, Lda, Structural Assessment and Design of Births 3 & 4 for Car Carriers(Ro-Ro), Port of Maputo - Final Report, June 2013.
- [2]-TÉCNICA- Engenheiros Consultores Lda, ARMANDO RITO Engenharia Moçambique, Lda, Structural Assessment and Design of Births 3 & 4 for Car Carriers(Ro-Ro), Port of Maputo, Progress Reports nr. 1, Outubro de 2013 a 10 Julho de 2014.
- [3]-NP EN 206-1, 2007. Betão - Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade.
- [4]-NP EN 13670, 2011. Execução de estruturas de betão.
- [5]-NP EN 14487, 2008. Betão projectado.
- [6]-NP EN 14488, 2008. Ensaios do betão projectado.

ARTIGO REF: 6951

CARATERIZAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NAS PROPRIEADES MECÂNICAS DO BETÃO NORMAL

Cristina Calmeiro dos Santos^{1(*)}, João Paulo Correia Rodrigues²

¹Instituto Politécnico de Castelo Branco - Castelo Branco, Portugal

²Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia - Coimbra, Portugal

(*)Email: ccalmeiro@ipcb.pt

RESUMO

A resistência ao fogo é uma propriedade essencial que deve ser testada em elementos estruturais de um edifício e não apenas nos seus materiais constituintes, ainda que as características do material afetem o desempenho das estruturas.

A alteração das propriedades mecânicas do betão, quando sujeito a temperaturas elevadas, deve-se a fatores inerentes aos materiais constituintes, nomeadamente a alterações físico-químicas da pasta de cimento e do agregado e a incompatibilidade térmica entre o agregado e a pasta de cimento, e a fatores de natureza ambiental, como o nível de temperatura, a taxa de aquecimento, o nível de carga aplicado e a perda de humidade.

Com o objetivo de contribuir para um conhecimento mais sistemático da influência de alguns fatores nas propriedades residuais do betão normal após incêndio, efetuou-se um estudo experimental com dois tipos de betão, um constituído por agregados calcários e outro constituído por agregados graníticos. Este trabalho apresenta os resultados das propriedades mecânicas residuais dos dois tipos de betão em estudo, submetidos a diferentes métodos de arrefecimento (arrefecimento ao ar e arrefecimento por jato de água), a diferentes níveis de carga ($0,3f_{cd}$, $0,7f_{cd}$) e a diferentes níveis de temperatura (300°C , 500°C , 700°C).

Os resultados dos trabalhos experimentais desenvolvidos são apresentados nos gráficos seguintes (Fig. 1 e Fig. 2).

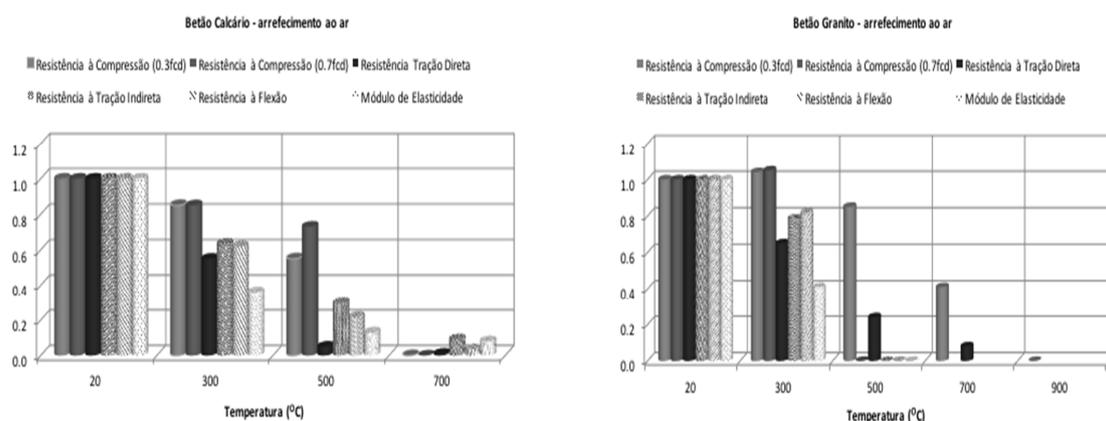


Fig. 1 - Capacidade residual do betão em função da temperatura máxima atingida - arrefecimento ao ar - comparação entre betão calcário e betão granito.

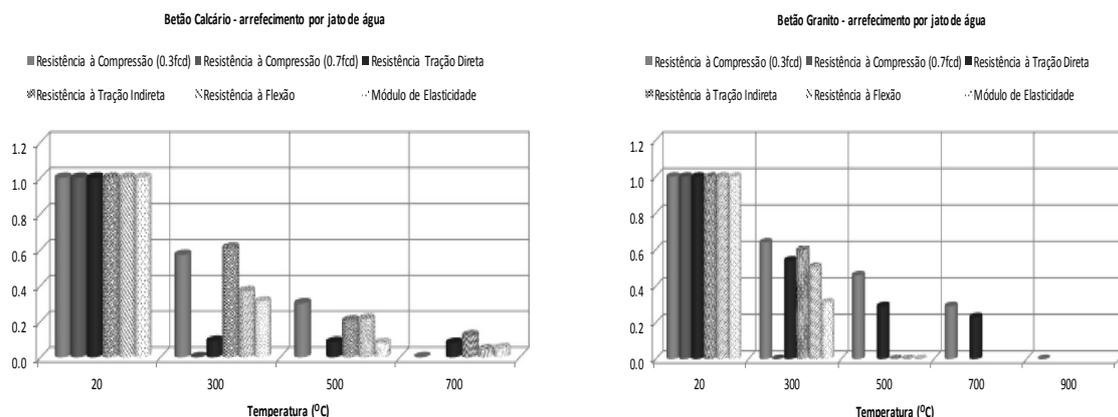


Fig. 2 - Capacidade residual do betão em função da temperatura máxima atingida - arrefecimento por jato de água - comparação entre betão calcário e betão granito.

Os testes experimentais mostraram que quanto maior for o nível de carga, maior é a influência do processo de arrefecimento na redução da resistência à compressão residual do betão após incêndio, apresentando um efeito benéfico quando arrefecido ao ar e um efeito prejudicial quando arrefecido por jato de água.

O processo de arrefecimento tem influência na redução da resistência à compressão do betão normal. No caso de arrefecimento por jato de água, seja qual for o nível de carga e o nível de temperatura atingido, o betão calcário tem pior desempenho quando comparado com o betão granítico. No entanto, tal não se verifica no arrefecimento ao ar uma vez que, para o nível de carga $0,7f_{cd}$ e temperaturas acima de 400°C , o betão calcário recupera o seu desempenho quando comparado com o betão granítico.

A resistência residual à tração do betão diminui à medida que a temperatura aumenta. Esta perda de resistência à tração não pode ser dissociada da composição do betão (mistura e natureza de agregados), porque as transformações térmicas sofridas nos componentes interfere negativamente na capacidade de resistência à tração, ainda que esta redução seja mais significativa no betão calcário.

A resistência residual à flexão sofre alterações com o tipo de arrefecimento aplicado. Independentemente do tipo de betão, o arrefecimento ao ar tem um efeito menos negativo quando comparado com o arrefecimento por jato de água. No entanto, o uso de agregados calcários melhora o comportamento à flexão quando comparado com agregados graníticos.

O módulo de elasticidade diminui com o aumento da temperatura, independentemente do tipo de agregados constitutivos do betão e do método de arrefecimento aplicado (ainda que o arrefecimento por jato de água cause mais danos do que o arrefecimento ao ar).

REFERÊNCIAS

- [1]-Georgali, B. & Tsakiridis, E., Microstructure of Fire-Damaged Concrete. A Case Study, Cement and Concrete Composites, 27 (2005) 255-259.
- [2]-Husem, M., The effects of high temperature on compressive and flexural strengths of ordinary and high-performance concrete, Fire Safety Journal, 41 (2006) 155-163.
- [3]-Schneider, U. & Nägele, E., Repairability of Fire Damaged Structures, CIB W14 Report, (1989) 90.

ARTIGO REF: 7040

A PRELIMINARY ANALYSIS OF THE NATIONAL ENERGY CERTIFICATION DATABASE OF THE PORTUGUESE HOUSING

Rosa Oliveira¹, Carlos C. Antonio^{1,2(*)}, Hugo Santos¹, Eduardo O. Fernandes^{1,2}

¹INEGI - Porto, Portugal

²Faculty of Engineering, University of Porto - Porto, Portugal

(*)*Email*: cantonio@fe.up.pt

ABSTRACT

The Portuguese building's sector is responsible for approximately one third of the national primary energy use, becoming an important target in the action towards energy-related global environmental sustainability. Given the evolution of building practices over time, it is possible to detect variations in terms of architecture, building typologies and construction leading to significant changes in their energy performance. This paper presents the results of a preliminary statistical analysis regarding a number of residential building energy certificates aiming at producing a first assessment of the current Portuguese building stock. The analysis further assesses the specific importance of several certification parameters, such as location/climate, year of construction, and others, in regards to the rating outcomes, as well as the impact of suggested improvement measures on the expected energy demand, the certified energy rating, and the estimated energy costs.

INTRODUCTION

Building energy performance assessment has been implicit in Portuguese construction regulations since 1991. In 2006, a certification system was created, adjusted to follow EU's Energy Performance of Buildings Directive of 2002 (EPBD, 2002), later revised in 2010 (EPBD, 2010). The implementation of the certification process has led to the creation of a certificate database, managed by the National Energy Agency (ADENE), today gathering information on more than 1 million certified buildings. The ultimate service of that system is to allow for a better management and subsequent improvement of the national building stock, namely from the energy use point of view. This will be accomplished by starting from the urban planning in new developments, followed by the promotion of better construction quality, to fulfil pre-set minimum technical requirements for new and rehabilitated buildings.

Within this perspective, this paper presents a comprehensive characterization of mainland Portuguese residential building stock regarding geographical location, age, type of construction, insulation level and expert-suggested improvement measures.

METHODS

Two main sources of information are used in the analysis of the evolution of the residential building stock, namely ADENE's national energy certification system (SCE)'s database accessed in May 2016, and the results of the General Census of Population and Housing for the year 2011 collected by the Institute of National Statistics (INE). In order to deepen specific themes, statistical data from other Portuguese sources were also used. The main

geographic unit of analysis was the NUTS II regions. Each ADENE's certificate corresponds to an autonomous housing fraction (detached or semi-detached dwelling) or building. Certificates for new and existing buildings were considered, as were the ones for big interventions. Provisional certificates regarding the project stage for new buildings were also included.

The analysis encompassed 13261 certificates that gathered the right conditions to be included. The Portuguese residential housing stock is, according to INE, the total number of usual residences, secondary residences and non-occupied autonomous fractions.

The paper presents summary indicators and statistics of the housing stock based on new certificates for the month of May 2016. To calculate those indicators, an examination of the EPBD-mandate Portuguese regulations was performed as well as a revision of the relevant literature. These describe how energy certification outcomes vary by housing market characteristics (socio demographics - household size, construction period, etc.). Data analysis encompassed finding mean, standard deviation and 95% confidence interval for quantitative variables and percentages for ordinal and qualitative variables.

RESULTS AND CONCLUSIONS

The results show that among the analysed residential buildings 2745 (20%) were built between 1996 and 2000, and 3771 (28%) after 2006. As expected, buildings constructed after 2006 tend to have better energy performance certificate (EPC) ratings when compared to buildings constructed between 1996 and 2000. The majority of buildings, 4625 (35%) were constructed in Lisbon Metropolitan Area and correspond, mostly, to autonomous detached fractions, 7664 (59%). 6928 (53%) of the buildings had appropriate thermal inertia characteristics, i.e. strong inertia. According to the suggested improvement measures, house owners could save, mean (sd), 927€ (7177€) if all of the measures were retrofitted, which would entail an investment cost of 6467€ (17813€). The most efficient building retrofit measures, with the highest potential to improving the most on the energy performance certificate, are outer walls insulation and changing windows/glazing.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors gratefully acknowledge the funding by FCT, Portugal, of the Research Unit of LAETA-INEGI, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, through Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), as well as the funding of Project NORTE-01-0145-FEDER-000010 - Health, Comfort and Energy in the Built Environment (HEBE), cofinanced by Programa Operacional Regional do Norte (NORTE2020). Acknowledgements are also due to ADENE for kindly allowing access to the data analysed and presented here.

REFERENCES

- [1]-Half, D.A. & Stevens R., Effect of Water Content on the Structure and Mechanical Properties of Magnesia-Phosphate Cement Mortar, *J.Am.Ceram.Soc.*, 81 (1998) 1550-1556.
- [2]-"Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings". Retrieved 2017-01-31. "Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings". Retrieved 2017-01-31.

PROCEEDINGS

CLME2017 / V CEM

8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia
V Congresso de Engenharia de Moçambique
Maputo (Moçambique), 4-8 Setembro 2017

SIMPÓSIO-4

Construções Tradicionais
Técnicas do Passado para um Futuro Sustentável

Coordenadores

João Lanzinha^{1(*)}, Anabela Paiva^{2(*)} e Jorge Pinto^{2(*)}

¹Universidade da Beira Interior (UBI), Covilhã, Portugal

²Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), Vila Real, Portugal

ARTIGO REF: 6725

REABILITAÇÃO PREDIAL NO CONTEXTO DAS OBRAS DO MUSEU DE ARTE DO RIO (MAR)

Maiane Ramos da Silva^{1(*)}, Eduardo L. Qualharini¹, Patricia O. Costa²

¹Univ. Federal do Rio de Janeiro, Núcleo de Pesquisas em Planejamento e Gestão, Rio de Janeiro, Brasil

²Univ. Federal do Rio de Janeiro, Programa de Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, Brasil

(*) *Email*: maianer@poli.ufrj.br

RESUMO

Em duas construções de perfis diferentes e de grande importância histórica e cultural, o “Palacete Dom João VI” e o prédio do “antigo terminal rodoviário”, ambos localizados na Praça Mauá, ocorreram as intervenções que deram origem às instalações do Museu de Arte do Rio (MAR). A reabilitação predial realizada, com critérios e estratégias estabelecidos pela certificação LEED, foi uma das âncoras do projeto “Porto Maravilha”, proposto para recuperar esta região histórica da cidade do Rio de Janeiro. Este artigo apresenta o MAR como um exemplo de aplicação das práticas que promovem a recuperação e modernização de um edifício, considerando parâmetros sustentáveis na intervenção, contribuindo para o aumento de vida útil da benfeitoria.

INTRODUÇÃO

O termo “reabilitação” é internacionalmente utilizado no meio acadêmico para nomear as intervenções que favorecem a recuperação global das funcionalidades do edifício, alterando ou não seu uso original (MARQUES DE JESUS, 2008). Segundo Oliveira et. al. (2016), a reabilitação possui duas conotações: pode ser encarada como uma ação no edifício em si, ou de uma maneira mais abrangente, envolvendo a reestruturação urbana da região onde o edifício está inserido.

Do ponto de vista urbanístico, a Carta de Lisboa - Carta da Reabilitação Urbana Integrada, elaborada no Primeiro Encontro Luso-Brasileiro de Reabilitação Urbana, em outubro de 1995, conceitua reabilitação como:

(...) uma estratégia de gestão urbana que procura requalificar a cidade existente através de intervenções múltiplas destinadas a valorizar as potencialidades sociais, econômicas e funcionais a fim de melhorar a qualidade de vida das populações residentes (...) (CARTA DE LISBOA, 1995, p. 1)

Já no nível do edifício, a reabilitação pode ser entendida como o conjunto de operações que objetivam aumentar o nível de qualidade dos sistemas de uma edificação, de modo que atinja conformidade com padrões de exigência funcionais mais rigorosos do que para os quais foi planejada (APPLETON, 2011). Consiste na busca de realização de intervenções mínimas indispensáveis para garantir o conforto ambiental, a acessibilidade e a segurança estrutural das edificações (MARICATO, 2001 apud CLAPER, 2008).

A restauração, reforma, manutenção e o retrofit são os principais termos-chave que se referem a reabilitação predial, e são definidos a seguir:

Restauração: grupo de práticas desenvolvidas para recuperar a concepção original - imagem - ou o momento áureo da história da edificação em estudo (VALE, 2006).

Reforma: alteração nas condições da edificação existente que visa recuperar, melhorar ou ampliar suas condições de habitabilidade, uso ou segurança, com ou sem mudança de função, e que não seja manutenção (ABNT, 2015).

Manutenção: conjunto de atividades com objetivo de conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação e seus sistemas constituintes, atendendo às necessidades e segurança dos seus usuários (ABNT, 2013).

Retrofit: com origem na junção do termo “retro”, do latim, que significa movimentar-se para trás e do termo “fit”, do inglês, que significa ajustar-se, resulta no conceito de “reconversão”. Sob essa ótica, trata-se da renovação de um edifício, uma intervenção a um patrimônio de modo que o antigo seja reformulado em novo (CBCS, 2013).

Para Cianciardi et. al. (2004), quando as construções se tornam obsoletas - isto é, quando não satisfazem de forma eficaz os objetivos para os quais são projetadas - a tendência é que passem a ser subutilizadas ou simplesmente abandonadas, ficando entregues ao tempo e sujeitas ao vandalismo depredatório - processo que é comum aos centros urbanos. A prática da reabilitação de edifícios confere uma nova vida às construções, de forma que promovem o aproveitamento da infraestrutura existente no entorno e da sua localização; a preservação do patrimônio histórico e cultural; a maior economia e eficiência do que a demolição seguida de uma reconstrução; e a oportunidade de atribuir parâmetros de sustentabilidade ambiental (CROITOR, 2008).

Depois de 1992 na Rio-ECO 92, reabilitação de bens urbanos passou a ser vinculada às questões de sustentabilidade. Estabeleceu-se, assim, a reflexão sobre a complexidade dos projetos de reabilitação e a necessidade de equipes multidisciplinares de profissionais atuando de forma integrada, visando o uso do bem edificado (QUALHARINI, 2012).

Para Vale (2006), a busca pela reabilitação e requalificação das edificações deve incorporar parâmetros para a sustentabilidade ecológica. As ações devem ser realizadas de modo a encontrar uma sinergia com os valores ecológicos existentes na sociedade atual para que, alinhando a intervenção com técnicas ambientalmente corretas, possam contribuir para minimizar o impacto ambiental do meio construído.

Este trabalho se enquadra no cenário de readequação das edificações e da valorização dos parâmetros sustentáveis. Pertencendo a área contemplada pelas intervenções de revitalização do projeto Porto Maravilha, na região portuária do Rio de Janeiro, o Museu de Arte do Rio passou por uma reabilitação - conjugada nas formas de restauração e retrofit - entre os anos de 2010 e 2013.

O CONJUNTO ARQUITETÔNICO

O complexo arquitetônico do MAR é formado pelo Palacete Dom João VI e o edifício modernista conhecido como Terminal Rodoviário Mariano Procópio, ambos localizados na Praça Mauá. Os prédios ocupados, em seus tempos áureos, tiveram grande importância para a cidade. Construído entre 1913 e 1916, o Palacete Dom João VI foi erguido para sediar a Inspetoria de Portos, Rios e Canais e transformada em Empresa Brasileira de Portos (Portobrás) na década de 70.



Fig. 1 - Edifício da Antiga Inspetoria de Portos em 1920. (Fonte: <http://robertoormond.blogspot.com.br/2010/12/praca-maua-impressoes-e-historias.html> - Acesso em janeiro/2017)

O edifício, de estilo arquitetônico eclético, até a década de 80 era destinado a funções administrativas. Em 1990, o palacete passou a pertencer à Cia Portus - Instituto de Seguridade Social, proprietária à época de seu tombamento pela Secretaria de Patrimônio Cultural do Município, através do Decreto nº 19002, de 5 de outubro de 2000. O tombamento foi atribuído aos seguintes elementos:

(...) - exterior - volumetria, cobertura (morfologia e entelhamento), revestimento, balcões, gradis, cercaduras de vãos, esquadrias de madeira e ferro, escadas, vitrais, beirais, balaustradas, colunas, sobrevergas e demais elementos arquitetônicos e decorativos característicos da tipologia estilística das fachadas;

- interior - escadas principais (revestimentos e corrimão) elevadores, luminárias, pisos e demais revestimentos e elementos; decorativos característicos da tipologia estilística. (...) (PCRJ, 2000, p.2).

No entanto, este reconhecimento não foi suficiente para garantir sua preservação. Após anos de abandono, o palácio sofreu a ação do tempo, o vandalismo e as ocupações irregulares.



Fig. 2 - Palacete Dom João VI em 2009. (Fonte: <http://www.panoramio.com/photo/17734201> - Acesso em janeiro/2017)

Já o antigo Terminal Rodoviário Mariano Procópio possui uma história mais recente. Inaugurado em 1950, foi a primeira estação rodoviária interestadual do Rio, e ocupava o andar térreo do recém-construído prédio da Polícia Marítima. O edifício em estilo modernista, cuja área com pilotis era ocupada pela bilheteria do Terminal Rodoviário, tem sua construção

datada no início da década de 1940. Possuía ainda outros seis andares e sua fachada era marcada por esquadrias que formavam grandes panos envidraçados horizontais. Abrigava também o Hospital da Polícia Civil José da Costa Moreira e algumas salas autônomas de escritórios.



Fig. 3 - Rodoviária Mariano Procópio, anos 50.

(Fonte: <http://www.rioquepassou.com.br/2005/09/27/rodoviaria-mariano-procopio-anos-50/> - Acesso em fevereiro/2017)

Em 2004, o terminal foi incluído na Área de Proteção do Ambiente Cultural do entorno do Mosteiro de São Bento, através do Decreto municipal nº 24420, de 21 de julho. Este documento indicava que as edificações ali preservadas não poderiam ser demolidas, mas seria permitido que sofressem intervenções para reabilitação ou adaptações. Após passar por um incêndio, em 2010, o terminal continuou em funcionamento até a sua definitiva desapropriação para a obra do Museu de Arte do Rio, em meados de 2011.



Fig. 4 - Terminal Rodoviário Mariano Procópio, antes das intervenções.

(Fonte: http://masaokamita.blogspot.com.br/2013_05_01_archive.html - Acesso em janeiro/2017)

Como uma das âncoras do Projeto Porto Maravilha, a história das duas edificações ganhou um novo capítulo. O empreendimento foi iniciado no final de 2009, a princípio para restaurar apenas o palacete, transformando-o em uma pinacoteca. Entretanto, se percebeu que o projeto poderia ser muito maior, agregando o prédio vizinho, a fim de transformá-lo em uma escola de arte. Desta forma, os edifícios de perfis heterogêneos foram interligados e passaram a constituir as instalações do Museu.

REABILITAÇÃO PREDIAL

O nível de adequação e reparo necessário para que o imóvel atenda às necessidades previamente estabelecidas influencia na forma de reabilitação a ser realizada, podendo ser desde pequenos reparos até grandes obras. Desta forma, podem ser refeitas as instalações prediais ou executar pequenos consertos, como substituição de parte do revestimento e pintura, ou ainda, proceder grandes obras com recuperação e alteração estrutural ou mudança de layout, vindo a gerar, em alguns casos, o deslocamento dos usuários durante a realização das obras (REABILITA, 2007).

Para Paiva et. al. (2006), são quatro os níveis de intervenção que podem ser realizados, conforme a figura 5:

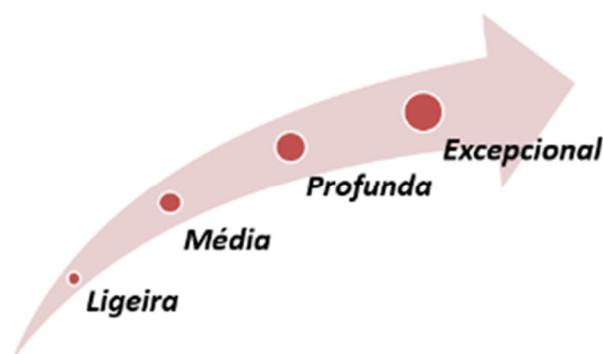


Fig. 5 - Níveis de Intervenção da Reabilitação Predial.
(Fonte: Autores, 2017)

As intervenções de reabilitação realizadas no MAR foram muito profundas e, portanto, se enquadram no nível excepcional. Além de englobarem técnicas de restauro e reforço de elementos estruturais, conduziram os edifícios a padrões superiores aos previamente existentes.

Em 2010 tiveram início as obras de restauração do Palacete e *retrofit* do conjunto, após a etapa de diagnóstico dos imóveis e estudos de projeto. A proposta para cada construção foi analisada considerando os diversos aspectos de tombamento e preservação e, com estilos arquitetônicos e histórias distintas, o primeiro desafio encontrado foi o de criar uma identidade visual entre eles.



Fig. 6 - Museu de Arte do Rio - Projeto.
(Fonte: <http://www.bernardesarq.com.br/pt-br/projeto/museu-de-arte-do-rio> - Acesso em janeiro/2017)

As duas edificações foram unidas por meio de uma praça suspensa, uma passarela e uma cobertura fluida - que é considerada o traço mais marcante do projeto -, transformando-as em um conjunto harmônico. A praça suspensa, localizada na cobertura do prédio da antiga rodoviária, reúne todos os acessos do prédio. A passarela, que possui 46 metros de comprimento e pesa cerca de 40 toneladas, está instalada nos fundos das edificações. Executada em estrutura metálica, é por esta passarela que se transita entre um prédio e o outro (VIEGAS FILHO, 2013).

Para que o Museu e a Escola funcionassem de forma integrada e eficiente, foi proposto o seguinte fluxo: o acesso seria feito pelo térreo do edifício modernista, através de um elevador que conduzisse os visitantes até a praça suspensa em sua cobertura. A partir deste pavimento, os visitantes descem por uma escada helicoidal e acessam a passarela. Desta forma, a visita ao pavilhão de exposições é feita de cima para baixo.

Ao final das intervenções, a empresa construtora da obra forneceu um Manual de Proprietário para cada edifício, que continha a descrição das técnicas e materiais adotados, além das práticas e procedimentos para a manutenção do bem edificado. Nos tópicos seguintes é feita uma breve descrição das intervenções e serviços executados nos ambientes reabilitados.

Intervenções - Pavilhão de Exposições

O Palacete Dom João VI foi submetido a ações de restauração externa e do núcleo central e requalificação interna, para se transformar no pavilhão de exposições do MAR. O prédio encontrava-se deteriorado e desqualificado do ponto de vista arquitetônico, de forma que seu projeto teve que ser aprimorado conforme os trabalhos avançavam (GC, 2013).



Fig. 7 - Fachada do Palacete após restauração.
(Fonte: Concremat, 2013)

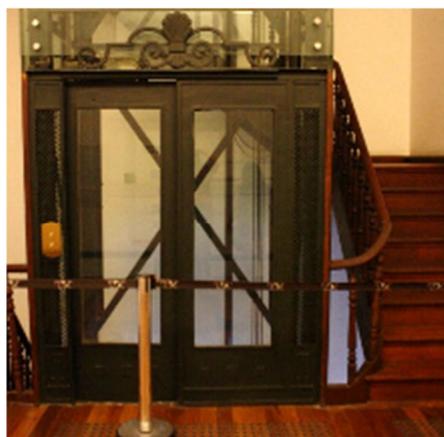


Fig. 8 - Elevador e escada originais do Palacete, restaurados.
(Fonte: Silva, 2017)

O projeto de restauração das fachadas e do telhado do palacete envolveram a elaboração de levantamento cadastral, mapeamento de danos e um caderno de especificações para a restauração dos planos rebocados, relevos e ornamentação aplicada, material pétreo, esquadrias e grades fixas do térreo, entre outros elementos (VELATURA, 2010).

Dentre as atividades de restauro desenvolvidas, pode-se citar: restauração dos rebocos, tratamento de trincas e fissuras de revestimento, reconstituição das cimalthas, frisos, cercaduras e ladrilhos hidráulicos, restauro da ornamentação aplicada, recuperação de fissuras e microfissuras dos ornatos, pintura dos ornatos e catalogação das esquadrias que foram

retiradas, identificadas para restauração e pintura (GOMES, 2014). Foram mantidos os caixonetes e as folhas das portas e janelas que eram reaproveitáveis, substituindo apenas as que estavam irremediavelmente destruídas. Telhados e calhas foram substituídos e, depois de detalhada pesquisa iconográfica, devolveu-se ao palacete o torreão da fachada principal, feito de cobre, que não mais existia (VIEGAS FILHO, 2013).



Fig. 9 - Área Expositiva após intervenções.
(Fonte: <https://jacobsenarquitetura.com/projetos/mar-museu-de-arte-do-rio/> - Acesso em janeiro/2017)



Fig. 10 - Cobertura do Palacete, vista da Escola do Olhar.
(Fonte: Silva, 2017)

O tombamento do interior do espaço se referia especificamente ao seu corpo central, que foi denominado “hall preservado” (GC, 2013). De modo geral, todo o *layout* interno foi alterado e mantido apenas o elevador, o hall de entrada e escada de madeira, que foram restaurados. Tanto o elevador quanto a escada não são destinados ao uso do público, e se localizam neste espaço.

Foram mantidas as estruturas originais da construção, e internamente, os ambientes existentes eram pequenos e subdivididos, cujas paredes foram demolidas para dar lugar aos salões de exposições. O prédio, apesar de bem antigo, possui colunas metálicas originais, com sistema de treliça e lajes bastante esbeltas. Estas tiveram que ser recuperadas e reforçadas, e a única laje nova no palacete D. João VI é a da cobertura, onde antes havia um telhado, que precisou ser retirado (GC, 2013). Segundo o Manual do Proprietário - Palacete (2013), toda edificação recebeu reforço em concreto armado e estrutura metálica para a adequação ao novo layout e para atender as cargas da laje fluída. Além do reforço estrutural, uma escada em concreto com revestimento em mármore foi construída, partindo do térreo até dar acesso à cobertura.

Resumidamente, são apresentados no quadro 1 os principais materiais e técnicas utilizados no Palacete, para o térreo e demais pavimentos:

Tabela 1a - Materiais e Técnicas utilizados no Pavilhão de Exposições.

Local	Materiais e Técnicas Empregados
Circulação/Halls	Assoalho em madeira cumarú com tábuas de 10cm e acabamento em verniz acetinado. Paredes em alvenaria estrutural, pintadas em tinta acrílica cor branca com acabamento fosco. As esquadrias são portas corta fogo, pintadas em tinta esmalte sintético na cor branca e acabamento acetinado. O teto foi revestido em placas de gesso acartonado, pintado com tinta látex acrílico cor branco neve.

Tabela 1b - Materiais e Técnicas utilizados no Pavilhão de Exposições.

Áreas Expositivas	São ambientes específicos para exposições e possuem as mesmas características para o assoalho e paredes descritas para Circulação/Halls. Os painéis de exposições, em todo perímetro das salas, são de estrutura metálica com revestimento em MDF de 15mm, possuindo também função acústica. Os pilares estruturais são metálicos com pintura intumescente na cor branca e acabamento fosco. Já o teto é aparente, com pintura esmalte sintético com acabamento fosco.
Hall Preservado	Possui assoalho com as mesmas características dos itens anteriores. As paredes foram pintadas seguindo especificações descobertas através de prospecções pictóricas.
Cobertura	Terraço com piso revestido em granito serrado e guarda corpo metálico com vergalhão soldado. Houve a construção de alvenarias para abrigar as casas de máquinas, além de dois telhados em estrutura metálica tratada, com revestimentos em telhas cerâmicas, em parte da cobertura.

(Fonte: Manual do Proprietário - Palacete, 2013)

Toda a rede de utilidades - sistemas de iluminação, refrigeração, som, rede hidráulica, incêndio, entre outras - foi instalada em dutos (*shafts*) localizados nas laterais do palacete, de forma a ficarem ocultos, preservando sua estética. O sistema foi planejado para assegurar o funcionamento autônomo de cada salão, permitindo que cada um pudesse ser usado enquanto os demais estivessem em fase de montagem de uma exposição, por exemplo (GC, 2013).

Intervenções - Escola do Olhar

O prédio modernista ofereceu algumas dificuldades, pois não foi possível levantar sua documentação e todas as questões de estruturas envolvidas nas intervenções eram desconhecidas. Destarte, foi necessário executar um conjunto de prospecções, para entender as dimensões das lajes e componentes da estrutura, por exemplo. Como resultado das investigações realizadas, foi constatado que o prédio possuía lajes duplas, com 50 cm de espaço entre ambas. A estrutura de concreto, em bom estado e com pouca degradação, exigiu apenas reparos pontuais, não sendo necessário fazer reforço estrutural em todo o prédio (GC, 2013).

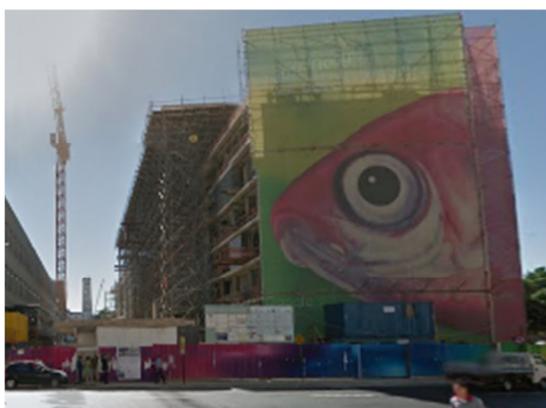


Fig. 11 - Canteiro de obras nos fundos dos prédios, em junho de 2010.
(Fonte: Google Maps, 2010)



Fig. 12 - Fundos dos prédios e lateral da Escola do Olhar, após intervenções, em 2014.
(Fonte: Google Maps, 2014)

As escadas e elevadores antigos foram demolidos, e foram refeitas novas escadas e caixas de elevadores, em paredes de concreto. Esta estrutura atribuiu ao edifício um efeito de contraventamento e reforço suficientes para sua nova utilização. Acima do quinto pavimento

do prédio modernista havia mais um andar, que foi suprimido para que o prédio ficasse com a mesma altura do palacete (GC, 2013).

Para a construção do auditório, localizado no quinto andar, foi necessária a remoção de um grande segmento de laje, bem como alguns pilares, o que ocasionou a execução de outros reforços estruturais. Também foi uma tarefa desafiadora a instalação da passarela metálica que interliga os dois prédios: em estrutura metálica, produzida em três seções que foram soldadas no local, a passarela sai de vigas protendidas da Escola do Olhar e é apoiada no Palacete Dom João VI, em uma laje em balanço, que parte das novas escadas de concreto executadas (GC, 2013).



Fig. 13a - Sala de aula da Escola do Olhar - fachada voltada para a Praça Mauá.
(Fonte: <https://jacobsenarquitetura.com/projetos/mar-museu-de-arte-do-rio/> - Acesso em janeiro/2017)

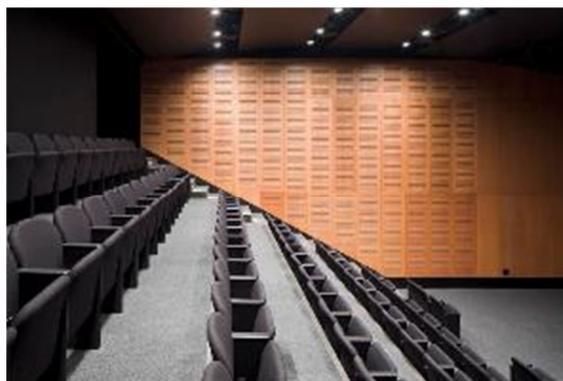


Fig. 13b - Auditório da Escola do Olhar.
(Fonte: <http://www.estudiocarlosfortes.com/pt-BR/projects/escola-do-olhar> - Acesso em fevereiro/2017)

Segundo o Manual do Proprietário - Escola do Olhar (2013), as fachadas do edifício receberam painéis em vidro Channel-Glass duplo espaçado, a partir do 1º pavimento e até o 5º pavimento. De modo geral, o layout até então existente foi alterado permanecendo apenas a volumetria externa, com exceção do térreo, que recebeu um novo arranjo, que inclui a reserva técnica, uma loja/café, bilheteria, área técnica e uma grande praça, permanecendo apenas as estruturas e a laje original. Todas as instalações - elétricas, hidráulicas, hidro sanitárias, de lógica e ar condicionado - foram refeitas. Além disso, todos os andares do prédio possuem sanitários adaptados para pessoas com necessidades especiais.

Ainda de acordo com o documento, são apresentados no quadro 2 os principais elementos utilizados em alguns ambientes:

Tabela 2a - Materiais e Técnicas utilizados na Escola do Olhar.

Local	Materiais e Técnicas Empregados
Auditório/ hall e acessos do auditório	O ambiente recebeu piso de carpete, parede em revestimento tipo “natura” (figura 13) com acabamento em madeira corupixá e teto com forro acústico pintado com tinta esmalte sintético na cor preta.

(Fonte: Manual do Proprietário - Escola do Olhar, 2013)

Tabela 2b - Materiais e Técnicas utilizados na Escola do Olhar.

Salas/circulação/biblioteca	Piso autonivelante de poliuretano cor cinza claro, paredes emassadas e pintadas com tinta acrílica e teto em placas de gesso acartonado composto com forro acústico. As esquadrias internas são de 1 folha de abrir em madeira com revestimento laminado melamínico. As esquadrias instaladas na fachada voltada para Praça Mauá, possuem 2 folhas de correr e uma fixa, com pintura eletrostática de cor branca e vidros laminado transparentes com espessura de 10mm.
Passarela acesso ao Palacete	Estrutura metálica com vedações em chapas de alumínio acústica dupla em pintura eletrostática branca. Internamente, o piso de chapas metálicas foi revestido com régua de madeira e o teto com placas de gesso acartonado, ambas com mesmas características das utilizadas no interior do palacete, descritas no quadro 1.

(Fonte: Manual do Proprietário - Escola do Olhar, 2013)

SUSTENTABILIDADE APLICADA À REABILITAÇÃO

Segundo os conceitos da construção verde, o MAR foi o primeiro museu em funcionamento no Brasil a receber certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), enquadrando-se na tipologia BD+C (Novas Construções ou Grandes Reformas). Esta categoria é focada no projeto e na construção do prédio, sendo a certificação obtida após a conclusão da obra.

A certificação LEED estabelece uma série de critérios que devem ser cumpridos para que o edifício seja considerado elegível para receber a certificação, cujos benefícios são divididos de acordo com as três esferas da sustentabilidade: econômica, social e ambiental. Dentre os benefícios da esfera econômica destacam-se a diminuição dos custos operacionais e dos riscos regulatórios e a modernização e menor obsolescência da edificação. Na esfera social, podem-se citar a inclusão social e aumento do senso de comunidade, conscientização de trabalhadores e usuários, incentivo a fornecedores com maiores responsabilidades socioambientais, aumento da satisfação e bem estar dos usuários e estímulo a políticas públicas de fomento à construção sustentável. E na esfera ambiental ressaltam-se o uso racional e redução da extração dos recursos naturais, a redução do consumo de água e energia, a implantação consciente e ordenada, mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, uso de materiais e tecnologias de baixo impacto ambiental e redução, tratamento e reuso dos resíduos da construção e operação (GBC Brasil, 2014).

Em 2014, o MAR celebrou a conquista do certificado LEED Silver, acumulando 57 pontos de um total de 59 nesta categoria. As considerações adotadas pelo projeto e obra foram baseadas na versão 3.0 do LEED BD+C lançada em 2009 e ainda vigente à época de sua execução. Para um edifício que tenha passado por uma reabilitação predial, algumas práticas adotadas para conseguir esta qualificação merecem destaque e serão apresentadas a seguir.

Segundo Soares (2015), o projeto do MAR aproveitou 66,77% de toda a construção que existia anteriormente, o que indica uma grande redução de recursos naturais que seriam empregados, além da redução da geração de resíduos e do consumo de energia caso tivesse sido realizada a demolição total. Durante a obra foram tomadas precauções sustentáveis, conforme Viegas Filho (2013) indica: aspersão de gotículas de água nos ambientes durante a fase de demolição para redução da poeira em suspensão; instalação de proteção nos ralos boca de lobo para impedir que resíduos de obra fossem levados para a rede coletora de águas pluviais; criação de locais para separação de resíduos e controle da utilização de materiais tóxicos.

Foi elaborado um plano de gestão de resíduos, que funcionou como balizador para a tomada de decisões quanto ao descarte. A deposição de resíduos foi controlada através de manifestos de saída e destinação final, em aterros autorizados ou encaminhados para reciclagem. O isopor utilizado nas formas da cobertura fluida, por exemplo, foi dividido em dois grupos: pedaços grandes foram reaproveitados pelas escolas de samba e, os menores, doados a fábricas de pufes (VIEGAS FILHO, 2013).

Ao final da obra, apurou-se que mais de 90% de todo resíduo produzido pela construção foi desviado de aterro, isto é, reaproveitado ou enviado para reciclagem, que são fins considerados mais nobres do que aterrar (SOARES, 2015).

O projeto atribuiu ao MAR alguns diferenciais, como (SOARES, 2015):

- Redução do efeito de ilha de calor com cobertura clara que absorve menos calor;
- Redução do efeito de ilha de calor com uso de pedra portuguesa no piso térreo;
- Incentivo ao transporte público alternativo com 62 vagas em bicicletário;
- Redução do consumo de água pela captação da chuva para uso no sistema de descarga;
- Redução do consumo de água, em cerca de 68%, pelo uso de metais sanitários econômicos;
- Redução do consumo de água pelo emprego de espécies de menos irrigação no paisagismo;
- Redução do consumo de energia elétrica pelo emprego de sensores de luminosidade e lâmpadas econômicas.

Outros diferenciais de sua construção são: qualidade do ar interno, o aumento da eficiência energética e do conforto térmico, um processo bem estabelecido de reciclagem por meio da coleta seletiva e a prática do reuso. As estratégias de economia de energia permitiram que o prédio se tornasse 12,48% mais eficiente do que a base de referência do LEED, que é considerada rigorosa. (SOARES, 2015). Estas ações contribuem para uma economia efetiva nos gastos com energia do prédio.

No que diz respeito aos materiais usados no edifício, 59% possuem conteúdo reciclado e 20,41% foram extraídos e manufaturados a menos de 800 km de distância do empreendimento. Dentre eles, pode-se citar: piso com borracha reciclada, carpete, forro, aço e tijolo de concreto e bloco intertravado e madeiras com certificação FSC, selo que reconhece o manejo sustentável em sua origem e toda cadeia produtiva. Barras de aço CA-50 e perfis não estruturais, placas de gesso acartonado, pastilhas, blocos de concreto, revestimentos de piso e materiais de impermeabilização somente foram aplicados após a apresentação de certificado de percentual de material reciclado na constituição do produto utilizado (VIEGAS FILHO, 2013 e SOARES, 2015).

Uma característica importante do projeto é a fachada de vidro da Escola do Olhar. O perfil em vidro autoportante possui vidro reciclado em sua composição, e tem aplicação de uma película que contribui para o conforto térmico das salas de aula, reduzindo as ilhas de calor sem prejudicar a incidência de luz natural (SOARES, 2015).



Fig. 14 - Fachada da Escola do Olhar, em vidro Channel Glass.
(Fonte: Concremat, 2013)

Ao frequentar o prédio, qualquer ocupante é capaz de enxergar as estratégias de sustentabilidade, reforçadas por um trabalho de comunicação visual que é fruto de um programa de educação ambiental específico para o Museu (VIEGAS FILHO, 2013 e SOARES, 2015).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A reabilitação predial é uma ferramenta que busca aproveitar elementos de uma edificação antiga e dotá-la de características de desempenho atuais e, como consequência, amplia a duração de seu ciclo de vida. A incorporação dos conceitos de sustentabilidade na reabilitação é uma ação positiva, no sentido de que pode conferir ao espaço reabilitado um melhor desempenho energético, mais economia e um maior conforto aos seus usuários, ao mesmo tempo que contribui para redução dos impactos ambientais causados pela cadeia produtiva da construção civil. Estes benefícios podem ser aplicados na forma de uma certificação ambiental para a construção, que, no caso do Museu de Arte do Rio, foi a certificação LEED.

Em contrapartida, a escolha dos materiais e estratégias a serem adotadas na reabilitação, visando a nova vida do edifício, devem considerar também os requisitos de durabilidade, além dos parâmetros sustentáveis. Segundo a gerência de operações do MAR, foi necessária uma intervenção de caráter significativo, que ocorreu cerca de um ano após sua inauguração: o revestimento do piso da biblioteca e salas de aula da Escola do Olhar foi substituído. O piso em poliuretano apresentou danos causados pelo uso, que eram recorrentes mesmo após a manutenção - o que acabou conduzindo ao fim de sua vida útil física. Houve um diálogo entre a administradora do prédio e a empresa construtora que executou a obra, para estabelecer qual seria a melhor forma de recuperar. A partir disso, decidiu-se que não seria vantajoso continuar com os reparos, e decidiu-se trocar todo o piso existente por um piso vinílico de cor mais escura. Este material mostrou-se compatível e mais tolerante às consequências do uso, do que o anteriormente empregado.

Além disso, a redução do consumo de energia elétrica e de água, que podem ser promovidos pelos equipamentos e técnicas adotados pelo projeto, dependem da transferência da responsabilidade para o usuário. Neste sentido, são adotadas estratégias tanto para conscientizar quanto para controlar o uso, dentro do que é cabível. Por se tratar de um museu, por exemplo, existem parâmetros limitadores para a diminuição do consumo e melhora do desempenho energético da edificação, como o uso de lâmpadas expositivas menos econômicas e devido a regras de conservação artística que orientam que o nível da

temperatura interna do pavilhão de exposições, por exemplo. Sob esta ótica, percebe-se que os projetos de modernização encontram, principalmente, limitações impostas pelo partido arquitetônico da edificação, pelo seu novo uso e pelos investimentos disponíveis para serem empregados.

Por outro lado, o pioneirismo na obtenção da certificação pelo Museu de Arte do Rio serviu de incentivo para outros empreendimentos buscassem o mesmo. Além da certificação, recebeu o título de melhor construção de 2013, na categoria museu, pelo voto popular do maior prêmio internacional de arquitetura, o Architizer A+ Awards. Assim, o MAR provou que é possível esse tipo de edifício - fruto da restauração de um palacete com quase um século de idade e de um prédio modernista, que possuíam características completamente heterogêneas - ter um bom desempenho, se tornando referência tanto nacional quanto internacional.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Núcleo de Pesquisas em Planejamento e Gestão da Escola Politécnica da UFRJ e ao Programa de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica da UFRJ, pelos estudos e propostas que propiciaram este trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1]-APPLETON, J.A. Reabilitação de edifícios antigos: patologias e tecnologias de intervenção - 2ª Edição. Editora Orion, 2011.
- [2]-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15575: Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.
- [3]-NBR 16280: Reforma em edificações - Sistema de gestão de reformas - Requisitos. Rio de Janeiro, 2015.
- [4]-CARTA DE LISBOA. 1995. Disponível em: <https://www.culturanorte.pt/fotos/editor2/1995_carta_de_lisboa_sobre_a_reabilitacao_urbana_integrada-1%C2%BA_encontro_luso-brasileiro_de_reabilitacao_urbana.pdf>. Acesso em novembro de 2016.
- [5]-CIANCIARDI, G.; MONTEIRO, R. Z.; BRUNA, G. C. Parâmetros de sustentabilidade ecológicos na recuperação, manutenção e restauração de edifícios. In: IV Seminário Internacional da Lares Latim America Real Estate Society, 2004, São Paulo.
- [6]-CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL (CBCS). Retrofit: Requalificação de edifícios e espaços construídos. 2013. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/comitetematico/projetos/CBCS_CTProjeto_Retrofit_folder.pdf>. Acesso em novembro de 2016.
- [7]-CLAPER, J.R. Reabilitação de edifícios para a habitação social: uma abordagem da gestão do conhecimento no processo de projeto. Dissertação (Mestrado) - Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.
- [8]-CROITOR, E. P. N. A gestão de projetos aplicada à reabilitação de edifícios: estudo da interface entre projeto e obra. 2008. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

- [9]-GBC Brasil. Sobre o Certificado. 2014. Disponível em: <<http://www.gbcbrasil.org.br/sobre-certificado.php>>. Acesso em fevereiro de 2017.
- [10]-GRANDES CONSTRUÇÕES (GC). Museu de Arte do Rio: como uma onda no mar. Portal Metálica Construção Civil, Rio de Janeiro, 2013, Seção Obras. Disponível em: <<http://www.metalica.com.br/museu-de-arte-do-rio-como-uma-onda-no-mar>>. Acesso em janeiro de 2017.
- [11]-GOMES, M.F. Palacete Dom João VI. 2014. Disponível em: <https://www.academia.edu/29783753/PALACETE_DOM_JO%C3%83O_VI_RESTAURO>. Acesso em janeiro de 2017.
- [12]-MANUAL DO PROPRIETÁRIO - ESCOLA DO OLHAR. Concrejato Serviços Técnicos de Engenharia S/A, 2013.
- [13]-MANUAL DO PROPRIETÁRIO - PALACETE. Concrejato Serviços Técnicos de Engenharia S/A, 2013.
- [14]-MARQUES DE JESUS, C. R. M. Análise de Custos para Reabilitação de Edifícios para Habitação. 2008. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- [15]-PAIVA, J.; AGUIAR, J.; PINHO, A. Guia Técnico de Reabilitação Habitacional - 1ª Edição. Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Lisboa, 2006.
- [16]-PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO (PCRJ). Decreto 19.002, de 5 de outubro de 2000. Disponível em: <<http://leismunicipa.is/nuqj>>. Acesso em janeiro de 2017.
- [17]-Decreto 24.420, de 21 de julho de 2004. Disponível em: <<http://leismunicipa.is/esfpn>>. Acesso em janeiro de 2017.
- [18]-QUALHARINI, E.L. A Evolução da Reabilitação Predial no Século XXI. In: Patorreb 2012: 4º Congresso de Patologia e Reabilitação de Edifícios, 2012, Santiago de Compostela.
- [19]-REABILITA. Diretrizes para Reabilitação de Edifícios para HIS - As experiências em São Paulo, Salvador e Rio de Janeiro. 2007. Organizadores: Witold Zmitrowicz, Valéria Cusinato Bomfim. São Paulo, 2007.
- [20]-SILVA, M.R. Reabilitação de edifícios e sustentabilidade no contexto das obras do Museu de Arte do Rio (MAR). Monografia (Graduação) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.
- [21]-SOARES, V. Museu de Arte do Rio. Revista GBC Brasil, abr. 2015. Disponível em: <<http://www.gbcbrasil.org.br/revistas.php>>. Acesso em janeiro de 2016.
- [22]-VALE, M.S. Diretrizes para racionalização e atualização das edificações: Segundo o conceito da qualidade e sobre a ótica do Retrofit. 2006. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- [23]-VELATURA. Palácio D. João VI do Museu de Arte do Rio. 2010. Disponível em: <<http://www.velatura.com.br/museu-de-arte-do-rio-mar/>>. Acesso em janeiro de 2017.
- [24]-VIEGAS FILHO, M. Recuperação, Restauo e Modernização de Construções. São Paulo, Editora Metalivros, 2013.

ARTIGO REF: 6831

LIÇÕES APRENDIDAS DO PROCESSO DE ENGENHARIA A MONTANTE APLICADA EM EMPRESA BRASILEIRA INCORPORADORA-CONSTRUTORA DE GRANDE PORTE

Enrico Leandro Carreira Capecchi^(*), Flavio Leal Maranhão

Universidade de São Paulo, USP - Depart. de Construção Civil -São Paulo - Brasil

^(*)Email: enrico_ccapecci@hotmail.com

RESUMO

O mercado da construção civil brasileira vive uma crise sem precedentes (EXAME 2015). Nesse cenário de crise onde as empresas incorporadoras são obrigadas a oferecerem descontos agressivos para reduzirem seus estoques, o processo de construção necessita ser extremamente eficiente.

Este trabalho apresenta um estudo de caso prático de um empreendimento de edifícios multiuso de múltiplos pavimentos, conforme figura 01, localizado na cidade de Santo André, estado de São Paulo, Brasil, onde foi aplicado o processo de “Engenharia a Montante” dentro de uma empresa brasileira incorporadora-construtora de grande porte, constatando-se as dificuldades e lições aprendidas para aplicação do processo.



Fig. 1 - Implantação do empreendimento objeto do estudo de caso

Denomina-se como um processo chamado “Engenharia a Montante” toda prática de engenharia desenvolvida antes do início de um empreendimento, que tenha como propósito, a garantia e maximização da satisfação dos clientes e acionistas.

Observa-se como pontos positivos resultantes do processo de “Engenharia a Montante”, itens tangíveis, tais como a redução dos custos de construção, redução do prazo de construção, melhora nos indicadores de sustentabilidade e também itens intangíveis tais como satisfação da equipe, tendo em vista o menor número de interferências durante o desenvolvimento da obra, fortalecimento da relação entre contratante e contratado, tendo em vista a redução significativamente na quantidade de aditivos contratuais, visto que os projetos estão mais bem resolvidos, evitando assim margem para pleitos.

O presente trabalho tem como escopo, apresentar apenas as lições aprendidas, observadas durante o desenvolvimento desse processo no estudo de caso em questão, indicando ao final, proposições de melhorias para futuras aplicações.

Destaca-se entre os aspectos relevantes observados no desenvolvimento desse trabalho, fatores relacionados a dificuldade de comunicação e integração da equipe, visto que na fase de desenvolvimento do processo de Engenharia a Montante, a maior parte dos integrantes, estão lotados em outros canteiros de obras, ainda com compromissos assumidos em outros projetos, e ao mesmo tempo, são demandados a compartilhar experiências e realizar estudos relacionadas a nova obra.

Observa-se ainda, o desafio motivacional em estimular o grupo de trabalho durante o processo de Engenharia a Montante, tendo em vista que os resultados aparecerão apenas ao longo do empreendimento.

Por fim, percebe-se que o investimento financeiro empregado no processo de Engenharia a Montante do referido estudo de caso, já havia sido provisionado durante a fase de viabilidade do empreendimento, no entanto observou-se grande dificuldade por parte da direção do projeto em conseguir as liberações financeiras adequadas para realização dos estudos necessários, tendo em vista que o momento onde o processo foi aplicado, as receitas ainda eram tímidas, pois o desenvolvimento imobiliário estava em fase de lançamento para início de vendas.

REFERÊNCIAS

- [1]-Contador, J.C, (coordenador) Gestão de Operações: a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa. 3 ed. São Paulo: Blucher, 2010.
- [2]-Corrêa, H.L.; A história da gestão de produção e operações. São Paulo: FGV, EAESP, NPP, 2003.
- [3]-ERNST & YOUNG. Estudo sobre produtividade na construção civil: desafios e tendências no Brasil. [S.I.:s.n.], [2012 ou 2013].
- [4]-EXAME. Construção civil vive crise sem precedentes no Brasil. Revista Exame. Disponível em: <http://exame.abril.com.br/revista-exame/a-crise-e-a-crise-da-construcao> acesso em Janeiro 2017.

ARTIGO REF: 6900

DEFINIÇÃO DO PROCESSO DE ENGENHARIA A MONTANTE EM EMPRESA BRASILEIRA INCORPORADORA-CONSTRUTORA DE GRANDE PORTE

Enrico Leandro Carreira Capecchi^(*), Flavio Leal Maranhão

Universidade de São Paulo, USP, Depart. de Construção Civil, São Paulo, Brasil

^(*)Email: enrico_ccapecchi@hotmail.com

RESUMO

A falta de planejamento e antecedencia nas tomadas de decisões em questões relacionadas a engenharia acarreta diversos impactos aos projetos de Real Estate, tais como, atrasos na entrega dos empreendimentos, estouros de custos, baixa qualidade do produto final entre outros.

Conforme pode ser observado na Figura 01, o problema do atraso das obras é sistêmico em algumas empresas Incorporadora-Construtora, observa-se cerca de onze empreendimentos de uma mesma empresa, que por fatores éticos não será revelado o nome, entregues com atrasos variando de um a três anos.

EMPREENDIMENTO	LOCAL	TEMPO MÉDIO DE ATRASO*
VILA DAS FONTES	RJ	01 ANO E 06 MESES
VILA DO OURO	RJ	01 ANO E 06 MESES
FLAT BROOKFIELD TOWERS	GO	01 ANO E 06 MESES
DF CENTURY PLAZA	DF	03 ANOS
DOCE LAR CONQUISTA	RJ	
TROPICALLE	RJ	01 ANO
VILA ESPLÊNDIDA	RJ	01 ANO E 03 MESES
FLORES PARQUE DO CAMPO	SP	11 MESES
ONE WORLD OFFICES_MATERT	RJ	02 ANOS
MIO RESIDENCIA	RJ	
DOCE LAR BELLA COLÔNIA	SP	01 ANO E SEIS MESES
VITALITÁ EM CAMPO GRANDE	MS	02 ANOS
CASAS JARDIM	RJ	01 ANO

Fig. 1 - Lista de Empreendimentos em atraso - Empresa "A"

Fonte: www.apartamentocaminhosdalapa.com.br

Por outro lado, o presente artigo vem apresentar através da metodologia de estudo de caso e observação dirigida, dentro de uma empresa brasileira Incorporadora-Construtora onde acompanhou-se o processo denominado "Engenharia a Montante", em um empreendimento multiuso com edifícios de múltiplos pavimentos, localizado na cidade de Santo André, estado de São Paulo, Brasil, conforme implantação na Figura 2.



Fig. 2 - Implantação do empreendimento objeto do estudo de caso

Pretende-se através deste artigo, definir as etapas referentes ao processo denominado “Engenharia a Montante” que foram aplicados no referido empreendimento, em fase predecessora a etapa de construção.

Conceitua-se de forma macro o processo chamado “Engenharia a Montante” como toda prática de engenharia desenvolvida antes do início de um empreendimento, que tenha como propósito, a garantia e maximização da satisfação dos clientes e acionistas.

Observa-se ainda como pontos positivos resultantes de um processo de “Engenharia a Montante”, itens tangíveis, tais como a redução dos custos de construção, redução do prazo de construção, melhora nos indicadores de sustentabilidade e também itens intangíveis tais como satisfação da equipe, tendo em vista o menor número de interferências durante o desenvolvimento da obra, fortalecimento da relação entre contratante e contratado, tendo em vista a redução significativamente na quantidade de aditivos contratuais, visto que os projetos estão em níveis de maturidade adequado, evitando assim margem para aditivos contratuais relacionados a alterações de escopo.

O presente trabalho tem como objetivo indicar quais foram as etapas e eventos necessários para elaboração de um processo de Engenharia a Montante, a partir de um estudo de caso prático de uma empresa brasileira Incorporadora-Construtora.

REFERÊNCIAS

- [1]-Contador, J.C, (coordenador) Gestão de Operações: a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa. 3 ed. São Paulo: Blucher, 2010.
- [2]-Corrêa, H.L.; A história da gestão de produção e operações. São Paulo: FGV, EAESP, NPP, 2003.

ARTIGO REF: 6939

PLACAS CERÂMICAS - CICLO DE VIDA

Francisco Jorge Araújo^(*)

Universidade Zambeze, Depart. Eng^a Civil, Beira, Moçambique

^(*)*Email*: araujof89@gmail.com

RESUMO

A crescente conscientização do sector da construção civil, como um dos maiores causadores dos impactos ambientais devido as emissões, resíduos e poluições gerados pelos seus materiais, desde a extracção da matéria prima até a eliminação de resíduos, proporcionou a realização deste artigo com vista, a descrição do ciclo de vida das placas cerâmicas e os impactos ambientais nele associados. Propondo deste modo opções de reutilização e reciclagem de resíduos, condicionando um consumo reduzido e racional das matérias-primas para novas produções, redução no consumo de recursos e energia e poupando desta forma, o meio ambiente de maiores disposições em aterros.

INTRODUÇÃO

Impactos ambientais negativos surgem da construção e renovação de edificações. A extracção de matéria-prima pode levar à extinção de recursos e a perdas de biodiversidade. A fabricação de materiais de construção, e o seu transporte, consomem energia, gerando emissões ligadas ao aquecimento global e a chuva ácida. A maior parte do consumo de energia na construção de edifícios apresenta-se na fase de produção dos materiais (96,41%), o que significa que, se quisermos diminuir os consumos energéticos, devemos atentar para esta fase (Manfredini, 2003).

A redução e a reutilização e/ou reciclagem dos resíduos industriais tornam-se factores fundamentais para as indústrias cerâmicas, pois transformará um rejeito em matéria-prima, tendo-se, portanto, retorno económico e redução de impactos ambientais (Bernia et al, 2014).

Em Moçambique assim como em todo mundo, as placas cerâmicas possuem uma enorme utilização em revestimentos de edifícios. Em contra partida possuem uma difícil ou quase inexistente reciclabilidade e reutilização, fazendo com que os resíduos que resultam de reabilitações e demolições tenham um único fim, o aterro.

Nas últimas décadas, houve em todo mundo a necessidade de preservar o meio ambiente e os recursos naturais existentes, visando uma utilização racional que leve em consideração a minimização dos impactos ambientais associados aos materiais, desde a extracção da sua matéria-prima, até o final do seu ciclo de vida.

O presente artigo, visa efectuar uma análise do ciclo de vida das placas cerâmicas tendo como foco, propor opções de reutilização e reciclagem das placas cerâmicas, de forma a aumentar a sua vida útil em utilidades semelhantes ou não as utilizações anteriores.

CICLO DE VIDA DE PLACAS CERÂMICAS

Aspectos Gerais

A cerâmica pode ser feita em argila pura de massa vermelha, ou de uma mistura com cerca de nove minerais de tonalidade clara ou branca. Actualmente existe uma variedade de produtos cerâmicos para atender aos mais variados tipos de ambientes como: áreas comerciais ou industriais, residências, fachadas e piscinas, mantendo as características contemporâneas de durabilidade aliada à beleza estética.

A base dos produtos cerâmicos é a argila, fundamentalmente silicatos de alumina, muitas vezes associados a óxidos de ferro, e constituída principalmente por filossilicatos. Estas são caracterizadas pelo seu grão fino (não detestável à vista desarmada e, por vezes, nem ao microscópio), pelo seu tacto terroso ou untoso, pela sua capacidade de se tornarem plásticas ao serem misturadas com água e pela sua resistência quando cozem e desidratam. Os materiais cerâmicos são fabricados a partir de matérias-primas classificadas em naturais e sintéticas. As naturais mais utilizadas industrialmente são: argila, caulino, quartzo, feldspato, filito, talco, calcita, dolomita, magnesita, cromita, bauxito, grafita e zirconita. As sintéticas, incluem entre outras alumina (óxido de alumínio) sob diferentes formas (calcina, eletrofundida), carbonato de silício e os mais diversos produtos químicos inorgânicos (Martins E Da Silva, 2004).

A análise do ciclo de vida é um processo que objectiva avaliar os encargos ambientais associados a um produto, processo ou actividade, pela identificação e quantificação da energia e materiais utilizados e resíduos produzidos, visando avaliar o impacto dessa “utilização-liberação” no ambiente, e implementar oportunidades de melhorias ambientais. Este processo considera todas as interacções (consumos e geração de resíduos) ocorridas desde a extracção da matéria-prima até o tratamento e/ou disposição final do produto após sua utilização (Soares, 2002).

As placas cerâmicas assim como os outros materiais cerâmicos possuem um ciclo de vida similar ao apresentado na figura 1.

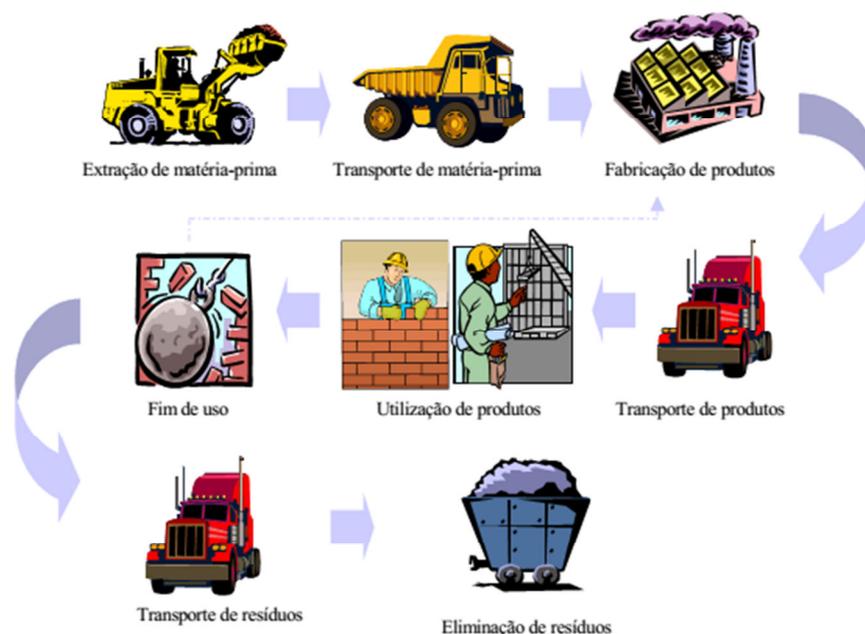


Fig. 1 - Ciclo de vida (Soares, 2002).

Verifica-se a existência de impactos ambientais associados a todas as fases do ciclo de vida das placas cerâmicas o que permite melhor compreensão face a geração de resíduos e emissões gasosas como indica a figura 2, tendo como legenda o seguinte:

- RH - recursos humanos,
- RN - recursos naturais,
- R - resíduos
- E - energia,
- EG - emissões gasosas
- PA - produto acabado ou placa cerâmica
- RCD - resíduo de construção e demolição

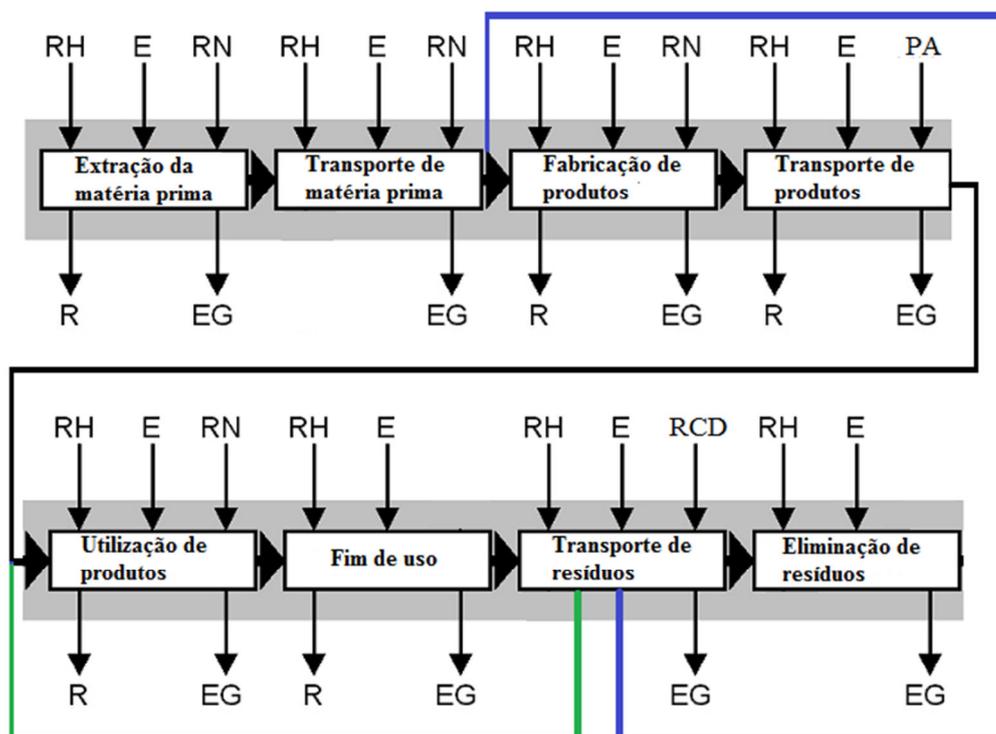


Fig. 2 - Aspectos ambientais associados ao ciclo de vida das placas cerâmicas (adaptado de Grigoletti. 2001 e Manfredini 2003).

Apesar de haver estudos de ACV de produtos industriais desde há mais de 40 anos, a sua aplicação ao sector da construção é relativamente recente e requer um esforço de investigação para a adequada adaptação da metodologia, de forma a assegurar o seu uso generalizado pelos agentes do sector. Em geral, a aplicação da ACV na construção implica uma maior complexidade em relação a outros sistemas mais simples, tais como a fabricação de produtos e componentes que ocorrem em ambientes mais controlados, em que se dispõe de mais informação. Obviamente, os edifícios são um tipo de “produto” muito especial, porque eles têm uma vida relativamente longa (normalmente superior a 50 anos), podem ser modificados com alguma frequência durante a sua utilização (especialmente no caso de edifícios do sector terciário, como escritórios ou lojas) o que afecta a unidade funcional utilizada na ACV, muitas vezes têm múltiplos usos e funções (num mesmo edifício podem existir habitações, garagens, escritórios, etc.), contêm uma grande quantidade de materiais e componentes diferentes, são construídos numa envolvente predefinida, normalmente são únicos (raramente

se encontram dois edifícios que sejam iguais, mesmo que sejam construídos com os mesmos materiais), estão integrados num meio urbano em que há diversas infra-estruturas rodoviárias, o que complica a definição das fronteiras do sistema e a análise da alocação dos impactos ambientais de tais infra-estruturas entre os diferentes edifícios que destas beneficiam (Zabalza, 2012).

A metodologia da ACV consta de quatro fases como ilustra a figura 3, embora seja possível realizar estudos simplificados em que se elimine alguma delas (Zabalza, 2012):

- Definição do objectivo e âmbito do estudo, onde se estabelece a finalidade do estudo, os limites do sistema a avaliar, os dados necessários e outras hipóteses.
- Inventário, onde se identificam e quantificam todos os fluxos de energia e de materiais que entram e saem do sistema durante todo o seu ciclo de vida.
- Avaliação dos impactos ambientais derivados dos fluxos de energia e materiais identificados no inventário e que são classificados de acordo com os efeitos ambientais que podem gerar.
- Interpretação, onde os resultados das fases anteriores são analisados em conjunto, em consonância com os objectivos do estudo, a fim de estabelecer as conclusões e recomendações finais.

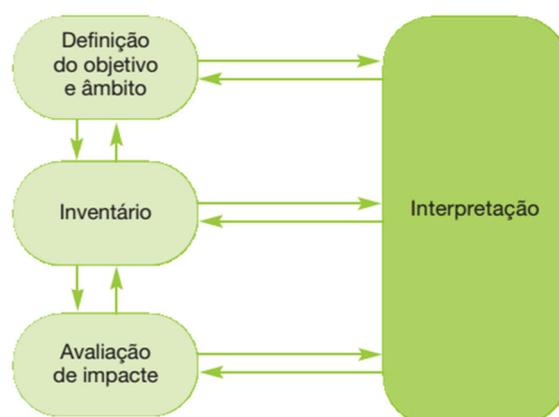


Figura 3: Metodologia ACV (Zabalza, 2012)

FASES DO CICLO DE VIDA DE PLACAS CERÂMICAS

Extracção Da Matéria-prima

Grande parte das argilas utilizadas na indústria cerâmica é natural, sendo encontradas em depósitos dispersos pela crosta terrestre como ilustra a figura 4.

Quando se tem em vista a exploração de uma jazida de argila, deve-se inicialmente fazer um estudo completo das características do material que se vai explorar e do volume de que se poderá dispor. Qualitativamente, o estudo do material será feito quanto à sua composição - teor em material argiloso - pureza e características físicas. A apreciação do material irá até o seu comportamento sob secagem e cozimento. Este estudo inicial é importante, pois dirá quais os produtos que se poderão obter com a matéria-prima, quais as eventuais correcções que deverão ser feitas e, finalmente, qual o equipamento a ser empregado (Petrucci, 1980).

Se observado o impacto ambiental causado durante a extracção da matéria-prima, torna-se imprescindível por parte dos exploradores desenvolver um plano de recuperação da área

degradada, com reflorestamento da mata nativa, sistemas de drenagens com tratamento da floculação dos efluentes líquidos, devolvendo ao corpo receptor água sem argila em suspensão. De modo a reduzir os impactos negativos que a extração da matéria-prima tem causado ao ambiente, quando feita sem um plano de recuperação da área explorada.

Embora a extração de argila e sedimentos exerça impacto no ambiente, poderão existir alguns benefícios, como a criação de reservas naturais, lagos artificiais destinados ao lazer, ou ainda a formação de depósitos para várias formas de resíduos, o que se torna particularmente útil se for tido em conta que a impermeabilidade dos Barreiros de argila esgotados constitui um meio aceitável para a eliminação de resíduos (Louro, 2014).



Fig. 4 - Jazida de extração de argila (Manfredini, 2003)

Transporte da matéria-prima

O transporte da matéria-prima é realizado através de camiões e maquinarias que contribuem significativamente com as emissões gasosas que poluem o ar, produzem ruídos e grandes consumos de energia. O que faz com que a aproximação da indústria à jazida seja um factor preponderante nos projectos de instalação de uma indústria cerâmica, visto que, reduz consideravelmente os custos relacionados com os consumos energéticos e consequentemente a redução das emissões gasosas. A figura 5 ilustra o transporte de argilas de uma jazida para a fabricação de placas cerâmicas.



Fig. 5 - Transporte de matérias prima (www.sitedelinhares.com.br)

Fabricação de produtos

O processo de fabricação de revestimentos cerâmicos deve ser considerado como um conjunto de etapas interconectadas que vão progressivamente transformando as matérias-primas em produtos acabados (Bernia, e tal, 2014).

Basicamente, o processo de fabricação da cerâmica é dividido nas seguintes etapas: a) Preparação dos Materiais; b) Moagem e Preparação da Massa; c) Atomização; d) Prensagem; e) Secagem; f) Esmaltação; g) Queima/Sinterização; h) Seleção; i) Expedição (Franco, 2009).

Durante o processo de fabricação das placas cerâmicas, existe uma consequente produção de resíduos em varias etapas que ainda podem passar a ser reutilizados nos processos de fabricação de outras produções de modo a reduzir de uma forma significativa a disposição dos mesmos em aterros, o que obviamente causaria ainda mais impactos ambientais.

a) Preparação dos Materiais

As matérias-primas utilizadas para a fabricação da cerâmica são estocadas no interior da fábrica e são transportadas por meio de balança até os tractores, onde cada tipo de argila, separadas conforme suas características, é pesada na proporção que irá compor a base do revestimento cerâmico. Após a pesagem os diversos tipos de argila bruta são encaminhados, via esteira, até os moinhos (Franco, 2009).

A figura 6 representa a preparação dos materias logo que estes chegam a indústria.



Fig. 6 - Preparação dos materiais (Franco, 2009)

b) Moagem e Preparação da Massa

Os materiais cerâmicos geralmente são preparados na mistura de duas ou mais matérias-primas, além de aditivos ou água. A moagem compreende a homogeneização de todos os componentes que se transformarão na base do revestimento cerâmico e poderá ocorrer por via húmida (com água no processo) ou via seca (sem água no processo) (Franco, 2009).

- No processo de moagem via húmida, vários tipos de argila são encaminhados para moagem com aditivos e água, que irão garantir resistência ao produto acabado. Neste processo, quase sempre, a seleção de matéria-prima para a mistura busca obter uma cor de queima branca para a base produzida. O termo cerâmica branca está intimamente associado ao processo de via húmida.
- No processo de moagem via seca, a massa básica é formada pela mistura de dois ou três tipos diferentes de argilas, resultantes das alterações e misturas naturais associadas com

a mineralogia da argila. Neste processo, não se tem adição de água e aditivos, sendo a argila moída apenas por atrito entre seus grãos.

Ao ser finalizada a etapa de moagem, a massa obtida é transportada para os depósitos em forma de silos.

A figura 7 indica o processo de moagem das matérias-primas.



Fig. 7 - Moagem das matérias-primas (Franco, 2009)

c) Atomização

A etapa de atomização só acontece no processo produtivo que contempla a moagem por via húmida. A massa cerâmica líquida (barbotina), obtida no processo de moagem é exposta a uma elevada temperatura com o objectivo de eliminar a água obtida na fase anterior (que serviu para homogeneizar as matérias-primas). Todo esse processo acontece no interior de um grande silo onde, de cima para baixo, é injectado ar quente em elevada temperatura e no sentido contrário, tem-se um spray de massa cerâmica. O encontro dessas duas misturas (ar quente com a massa cerâmica) faz com que a água contida na massa evapore, provocando a queda da argila em micro-partículas com dimensão diferenciada. Essas partículas são chamadas de pó atomizado (Franco, 2009).

É nessa etapa de atomização que as características de alta ou baixa porosidade da placa cerâmica são definidas. A figura 8 indica o processo de atomização.



Fig. 8 - Atomização (Franco, 2009)

d) Prensagem

A conformação das placas acontece por intermédio das várias prensas existentes nesse processo: fricção, isostática, hidráulica ou hidráulica mecânica ou ainda com o uso de máquinas extrusoras, denominadas marombas. O pó atomizado, no caso do processo de via húmida, ou a massa cerâmica moída, no caso do processo de via seca, é carregado em caixas-moldes do tamanho de fabricação desejado e na sequência, lançado em cavidades das prensas, submetido a uma pressão específica, gerando assim a “bolacha” ou seja, a base da cerâmica. Nesta fase a bolacha é caracterizada por baixíssima resistência mecânica e alta humidade, por isso, é passada por um processo de secagem (Franco, 2009).

A figura 9 representa a etapa da prensagem.



Fig. 9 - Prensagem e secagem (Franco, 2009)

e) Secagem

Após a etapa de conformação, verifica-se que o produto ainda contém água, proveniente ainda da etapa de preparação da massa. Para evitar tensões e, conseqüentemente defeitos na peça, é necessário eliminar essa água de forma lenta e gradual como indica a figura 10.

Ao agregar alta temperatura à peça, o processo de secagem elimina toda a humidade existente na placa cerâmica e aumenta sua resistência mecânica, saindo a uma temperatura em torno de 90 a 120 graus. O processo posterior é o de esmaltação. Porém, se o produto resultante for biqueima, este irá directo ao forno para primeira queima e só depois receberá a esmaltação. Caso seja um produto monoporoso (monoqueima), passará pelo processo de esmaltação antes de ir ao forno (Franco, 2009).

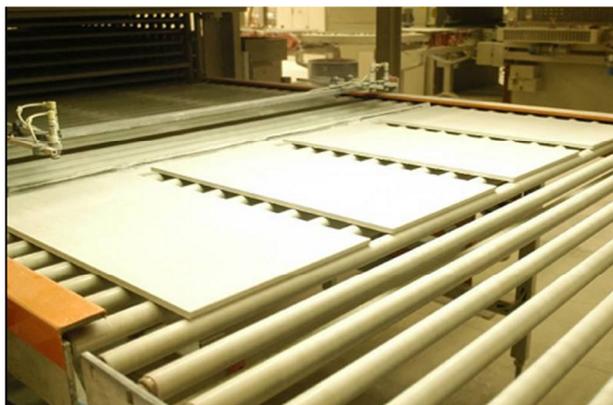


Fig. 10 - Placas cerâmicas após a secagem (Franco, 2009)

f) Esmaltação

A esmaltação consiste em um processo de acabamento superficial, onde é aplicada a camada vítrea a fim de atribuir ao revestimento aspectos estéticos, higiênicos e de resistência mecânica. Primeiramente é feita uma pós-secagem no produto, logo é feita a aplicação de água e de engobe para então a aplicação do esmalte vitrificado (composto por corantes, água, aditivos e feldspato) e finalmente a decoração serigráfica. Em seguida, o produto é destinado ao processo de queima (Franco, 2009).

g) Queima / Sinterização

É nessa etapa que os revestimentos cerâmicos adquirem suas características finais. Durante o tratamento térmico ocorre uma série de transformações em função dos componentes da massa, tais como: perda de massa, desenvolvimento de novas fases cristalinas, formação de fase vítrea e a soldagem dos grãos. O resultado do processo de queima garantirá as características exigidas por norma, como a resistência mecânica, resistência à abrasão, baixa absorção e regularidade dimensional (Franco, 2009).

São dois os principais processos de queima: a monoqueima e a biqueima. A maioria dos fabricantes adota o sistema monoqueima, ou seja, a massa e o esmalte são queimados de uma única vez, o que proporciona uma maior interligação entre as camadas.

- Monoqueima: a sinterização do corpo cerâmico, a vitrificação dos esmaltes e a estabilização das cores ocorrem em uma única etapa. A monoqueima é o procedimento no qual são queimados ao mesmo tempo a base e o esmalte, em temperaturas em torno de 1000 e 1200 graus. Esse processo confere maior ligação entre o biscoito e o esmalte, dando-lhe maior resistência;
- Biqueima: o tratamento de queima é dado somente ao esmalte, uma vez que a base (biscoito) já havia sido queimada anteriormente. A esmaltação consiste em um processo de acabamento superficial, onde é aplicada.

h) Seleção

Na saída de cada forno está instalada a linha de seleção automática, eliminando peças defeituosas e distribuindo os revestimentos em lotes homogêneos, por tipo cromático,

dimensões e outras características. Após o processo de escolha, os produtos são devidamente encaixotados, paletizados e estocados na expedição (Franco, 2009).

A figura 11 indica a selecção das placas, onde temos a placa cerâmica fabricada já fabricada.



Fig. 11 - Linha de selecção de placas cerâmicas (Franco, 2009)

i) Expedição

Controla toda a operação, separação, armazenamento e embarque do produto. A partir do processo de estocagem é que as placas cerâmicas serão destinadas as lojas para comercialização (Franco, 2009).

A figura 12 representa uma expedição, onde as placas já se encontram prontas para a sua comercialização.



Fig. 12 - Controle de estoque de produtos acabados (Franco, 2009)

Transporte de produtos

Na fase do transporte de produtos acabados, temos mais uma vez a utilização de camiões e conseqüentemente a produção de ruídos, emissões gasosas que poluem o ar, consumos energéticos que geram impactos ambientais. A figura 13 ilustra um camião no processo de transporte de das placas cerâmicas.



Fig. 13 - Transporte de produtos acabados (fotos.habitissimo.es)

Utilização de produtos

As placas cerâmicas podem ser aplicadas no revestimento de pavimentos e paredes, assim como em ambientes internos e externos. Mas apesar de possuir toda essa aplicação é necessário escolher as placas certas para cada situação, visto que cada situação exige características específicas de forma a garantir um melhor desempenho. Dependendo do uso, características como absorção de água, expansão por humidade, resistência ao ataque químico, resistência a manchas entre outros, podem ser importantes.

Ao usar produto cerâmico para piso é importante observar diversas características não exigidas para parede como a resistência à abrasão, relacionada ao tráfego de pessoas, resistência à rotura, de acordo com a carga que será submetido, possibilidade de impacto, o coeficiente de atrito, em função do escorregamento do chão e, por fim, a resistência a manchas e a facilidade de limpeza.

O produto cerâmico em ambientes externos requer características mais complexas quando comparadas ao uso interno. No caso externo, a placa cerâmica encontra-se exposta às alterações de clima, sol, chuva, vento. Essas variações requerem do material baixa absorção de água e baixa expansão por humidade. Se o revestimento estiver sujeito a baixas temperaturas é importante que seja resistente ao congelamento.

Fim de uso

Nesta etapa, as placas cerâmicas terminam uma determinada utilização devido a sua degradação, a mudança do tipo de utilização da edificação entre outros. Gera-se no entanto, grandes quantidades de resíduos, que pelo processo de retirada das placas propicia o reaproveitamento de uma parte bastante reduzida para utilizações em ambientes com menor exigência funcional, e uma maior parte destinada ao aterro.

Para além das placas cerâmicas que terminam a sua vida útil após a utilização, existem casos em que as mesmas não chegam a ser utilizadas, pois possuem defeitos adquiridos antes da sua aplicação, como a fissuração e peças quebradas resultantes do transporte indevido ou mau armazenamento, o que permite uma reciclagem praticamente a 100%, ou uma utilização em espaços com o mínimo de exigência como em passeios, espaços destinados a pecuária entre outros. As figuras 14, 15, 16, 17 e 18 indicam utilizações de placas cerâmicas quebradas, reduzindo assim a sua deposição em aterros.

Do ponto de vista tecnológico, os resíduos cerâmicos apresentam potencialidades de uso variado, desde como agregado para concreto, argamassa ou artefactos de cimento, onde participam como inerte, como filler e, possivelmente, com alguma actividade pozolânica e, ainda, poderiam ser reaproveitados como cargas, no próprio processo de produção da indústria cerâmica (Manfredini, 2003).

A reciclagem dos resíduos cerâmicos pode trazer os seguintes benefícios: eliminação das despesas com deposição dos resíduos; instalação de nova actividade produtiva, com geração de novos empregos; eliminação dos pontos de eliminação clandestina de resíduos; melhoria das condições de salubridade e visuais do entorno da cidade; geração de nova fonte de renda para as indústrias; mudança cultural na cidade e região, com a valorização das actividades sustentáveis; redução da exploração de agregados naturais na região, com preservação das áreas de terra com potencial produtivo (Manfredini, 2003).



Fig. 14 - Placas quebradas



Fig. 15 - Placas quebradas (dicasdaarquiteta.ig.com.br)

Transporte de resíduos

Na fase do transporte de resíduos, a semelhança das outras fases de transporte verifica-se também a utilização de camiões e consequentemente a produção de ruídos, emissões gasosas que poluem o ar, consumos energéticos.

Eliminação de resíduos

Quanto aos resíduos sólidos que não podem ser reaproveitados, o grande problema tem sido seu descarte, Pois estes se acumulam, gerando um grande volume e, consequentemente, a necessidade de um vasto espaço para armazenamento. Os custos para descarte destes materiais em aterros certificados pelos órgãos ambientais são elevados, mas necessários, uma vez que resíduos depositados em aterros de forma desordenada podem trazer inúmeros efeitos, como a contaminação do solo, rios, lençóis freáticos, ou seja, influenciam negativamente em todo o ciclo biológico presente (Bernia, e tal, 2014).

CONCLUSÃO

A análise do ciclo de vida das placas cerâmicas é fundamental para projectos de construção e reabilitações, pois permite uma reflexão sobre os impactos ambientais associados a todas as fases do ciclo de vida das placas cerâmicas, proporcionando uma melhor escolha dos materiais de revestimentos, melhor gestão de resíduos, opções de reciclagem e reutilização das placas, que para além de reduzir a extracção de novas matérias-primas, também reduz significativamente o consumo de energia para a sua extracção e consequentemente a redução dos impactos degradantes do meio ambiente.

AGRADECIMENTOS

O Autor Agradece suporte financeiro concedido pela Faculdade de Ciências e Tecnologias (FCT) da Universidade Zambeze.

REFERÊNCIAS

- [1]-Bernia, Mauro Donizeti, et al. Tecnologias inovadoras e eficiência energética no segmento de revestimentos cerâmicos. 2014
- [2]-Franco, Ana Lúcia Costa. Revestimentos cerâmicos de fachada: Composição, patologias e técnicas de aplicação. Belo Horizonte. 2009
- [3]-Grigoletti, G. Caracterização de impactos ambientais de indústrias de cerâmica vermelha do Estado do RS. Porto Alegre. 2001.
- [4]-Louro, Romeu Martins. Produção de telha cerâmica em Portugal, no contexto da análise do ciclo de vida. Castelo Branco. 2014
- [5]-Manfredini, Constance. Impactos ambientais causados pelas indústrias de cerâmica vermelha no rio grande do sul. Porto Alegre 2003.

[6]-Martins, João Guerra E Da Silva, António Paredes. produtos cerâmicos. Universidade Fernando Pessoa.

[7]-Petrucci, E. G. R. Materiais de construção. 5 ed. Porto Alegre: Globo, 1980.

[8]-Soares, Sebastião Roberto, et al. Análise do ciclo de vida de produtos cerâmicos da indústria de construção civil. Cancun. 2002

[9]-Zabalza, Ignacio et al. Manual explicativo da avaliação do ciclo de vida aplicada ao setor da construção. Projeto enerbuilica. 2012.

[10]-casasdealice.blogspot.com/2014/05/piso-de-cacos-ceramicos-bonito-barato.html (03 de Novembro 2015).

[11]-dicasdaarquitectura.ig.com.br (03 de Novembro 2015).

[12]-http://fotos.habitissimo.es (25 de Outubro 2015).

[13]-www.sitedelinhares.com.br (25 de Outubro 2015).

[14]-tyba.com.br (03 de Novembro 2015).

[15]-pt.depositphotos.com (03 de Novembro 2015).

[16]-casasdealice.blogspot.com/2014/05/piso-de-cacos-ceramicos-bonito-barato.html (03 de Novembro 2015).

ARTIGO REF: 6982

MATERIAIS E TÉCNICAS TRADICIONAIS NA REABILITAÇÃO ATUAL

Ana Velosa^(*)

Universidade de Aveiro, Depart. Eng^a Civil RISCO, Geobiotec - Aveiro, Portugal

^(*)*Email:* avelosa@ua.pt

RESUMO

O uso dos materiais tradicionais tem especial relevância no contexto da reabilitação do edificado [Oliveira & Galhano, 2003], devido à sua presença no património construído, desde os edifícios mais antigos até meados do século XX. Este património carece de intervenção, a qual deve ser baseada no conhecimento dos materiais e técnicas usados no passado.

Não sendo consensual a definição de materiais tradicionais, devido à história de produção dos materiais de construção, que iniciou no século XIX processos de produção semi-industriais e industriais, o tema dos materiais tradicionais será tratado tendo em conta a relevância da sua utilização e deixando de fora materiais executados de forma industrial. Assim, os materiais naturais pedra e terra, utilizados profusamente nas paredes até à sua substituição por tijolo e betão, serão abordados, tendo em conta a sua presença generalizada no património até aos anos 30, altura na qual, a arquitetura modernista promoveu o uso do betão armado para permitir a integração das novas linhas arquitetónicas vigentes. No entanto, a construção dita tradicional continuou a ser praticada simultaneamente, tendo desaparecido gradualmente nas últimas décadas do século XX.

Como material primordial para a execução de revestimentos, mas também integrante de paramentos interiores e exteriores, figura a cal aérea [Holmes & Wingate, 1999], de utilização generalizada até anos 50/60 do século passado. Várias técnicas mais ou menos elaboradas, se associam a este material cuja versatilidade permitiu uma aplicação multifacetada. Como ligante, também o gesso e as técnicas do estuque foram extremamente relevantes na ornamentação da construção até ao século passado, sendo ainda hoje o gesso utilizado de forma amiúde nos revestimentos.

No campo dos revestimentos, o azulejo, de produção manual e semi-industrial, este último profusamente aplicado desde o século XIX no contexto de revestimento exterior de fachadas [Mariz, 2014], teve elevada relevância para o património português, quer em território nacional, quer na expressão portuguesa no mundo. Pelo sua presença como revestimento em vários tipos de edificado e pela necessidade de conservação com uma certa especificidade, os embrechados [Velosa & Mariz, 2016] serão também abordados (Figura 1).

Nos materiais tradicionais engloba-se o material terra [Gonçalves & Gomes, 2009], tendo em conta a sua utilização pelo mundo e pelo país, mas devendo ser a sua utilização no adobe de fabrico nacional e na zona do Litoral Centro. Também outro material natural, a madeira, utilizado tanto como material estrutural como como material de revestimento final tem ampla aplicação como material tradicional no contexto nacional, mas também com especial relevância na zona de Aveiro no contexto de utilização nos palheiros da costa, património particular desta zona e carente de proteção e ações de reabilitação.

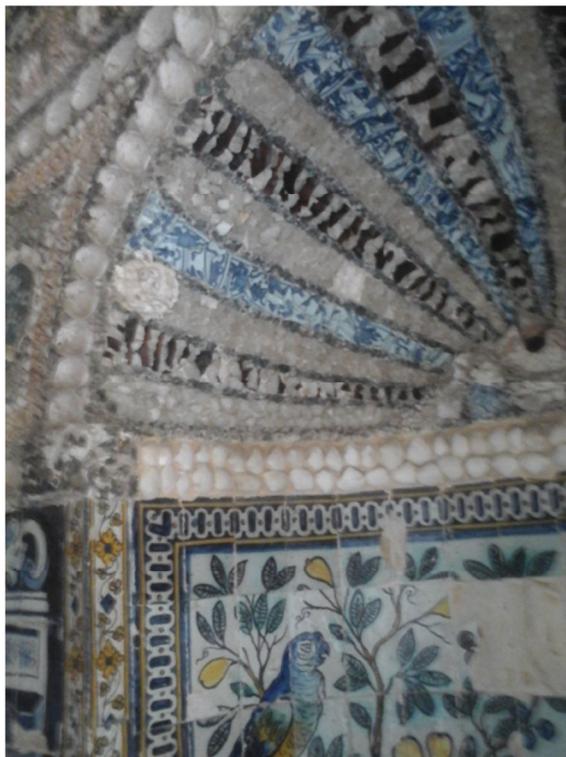


Fig. 1 - Embrechados no Palácio Marquês de Fronteira

REFERÊNCIAS

- [1]-Gonçalves, Teresa; Gomes, Idália, A terra como material de construção, Encontro técnico-científico O papel dos Laboratórios de Estado na investigação e desenvolvimento em engenharia civil no âmbito da CPLP, Lisboa, LNEC, 14 e 15 de Dezembro 2009.
- [2]-Holmes, M., Wingate, M., Building with lime: a practical introduction, Intermediate Technology Publications Ltd (1999).
- [3]-Mariz, L., Azulejo semi-industrial na arquitetura civil portuense. Caracterização e intervenção, UA Editora - Universidade de Aveiro (2014).
- [4]-Oliveira, E.; Galhano, F., Arquitetura Tradicional Portuguesa, Publicações Dom Quixote, Lisboa (2003).
- [5]-Velosa, A.; Mariz, L., “Embrechados” - conserving A technique, 41st IAHS World Congress Sustainability and Innovation for the Future, 13-16th September 2016, Albufeira, Algarve, Portugal.

PROCEEDINGS CLME2017 / V CEM

**8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia
V Congresso de Engenharia de Moçambique
Maputo (Moçambique), 4-8 Setembro 2017**

SIMPÓSIO-6

**Recursos Geológicos
Caracterização, Avaliação, Exploração e Aplicação**

Coordenadores

Isabel M. R. Duarte^(*), António B. Pinho^(*), Luis Lopes^(*) e Ruben Martins^(*)
Departamento de Geociências, Universidade de Évora
Évora, Portugal

^(*)Editores Associados para os artigos deste Simpósio

ARTIGO REF: 6467

DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS DE ESCAVAÇÃO E DE TRANSPORTE EM MINERAÇÃO

Ismael Momade Racia^(*), Rodrigo de Lemos Peroni

Departamento de Engenharia de Mina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil

^(*)*Email*: racia.ismael@gmail.com

RESUMO

O artigo Desenvolvimento de um Modelo de Dimensionamento de Equipamentos de Escavação e de Transporte em Mineração surgiu da necessidade de apoiar no processo de decisão de dimensionamento dos principais equipamentos de mineração. Este trabalho apresenta um modelo simples e direto para dimensionar escavadeiras e caminhões através de uma rotina criada denominada EXCESimulator, concebido para o cálculo da capacidade das caçambas das escavadeiras, do número dos equipamentos de escavação e de transporte, bem como os tempos de espera das unidades de transporte em carregar. Para tal, definem-se os parâmetros de produtividade e características dos equipamentos; calcula-se aplicando um modelo determinístico de produção; e faz-se o levantamento de equipamentos existentes no mercado, reunindo as suas características e serviços prestados pelos fabricantes das marcas. O modelo desenvolvido é aplicável a qualquer tipo de equipamento de escavação e de transporte, independente do seu porte e capacidade de produção.

INTRODUÇÃO

A constante busca pelo aumento da produtividade e redução de custos representa em forte aporte de investimentos na indústria de mineração. Novas tecnologias de equipamentos de mineração foram desenvolvidas a partir da demanda dos recursos. Diversos programas e modelos que auxiliam a tomada de decisões na rotina dos trabalhos de dimensionamento e alocação de equipamentos facilitaram e melhoraram o desempenho dos processos na mineração mundial.

O dimensionamento de equipamentos de lavra corresponde ao processo para a seleção e compatibilização de equipamentos de escavação, carga e transporte dentro de uma mina segundo uma estratégia previamente estabelecida. Essa etapa deve atender aos objetivos de curto, médio e longo prazo, maximizando o valor econômico da empresa, mas muitas vezes afetado por restrições técnicas, operacionais e de segurança. Em função dessas restrições e condicionantes, dimensionamento de equipamentos e frotas deve ser revisado periodicamente. Entre os aspectos que devem ser sistematicamente verificados estão: os tempos de ciclo, as condições operacionais, consumos de peças e combustível, vida útil dos equipamentos, os fatores mecânicos, a depreciação, dentre outros. O dimensionamento de equipamentos está baseado em um processo de seleção e compatibilização dos equipamentos para a movimentação do material mineralizado e estéril dentro do empreendimento, criado a partir das características dos equipamentos, das condições operacionais e do projeto da lavra no tocante a produção anual planejada. As etapas envolvidas são normalmente sequenciais e após a decisão sobre os tipos e o porte destes equipamentos a serem utilizados no empreendimento,

compreendem a determinação do número (quantidade) e o custo destes, a criação de planos de produção, contendo as descrições das atividades específicas a serem executadas.

EXPLORAÇÕES MINEIRAS A CÉU ABERTO

COUTO (1990), define como explorações mineiras à céu aberto, aquelas em que os trabalhos de escavação são desenvolvidas ao ar livre e dirigidas a depósitos superficiais, ou aquelas em que os locais de trabalho não são constituídos por escavações cercadas em todo o seu perímetro pelos terrenos encaixantes. Em oposição, as lavras subterrâneas, são atividades executadas no subsolo e são aplicadas a depósitos mais profundos, o que não significa que ambas se excluam na exploração do mesmo depósito. E as explorações subterrâneas conduzidas a partir da superfície são de aplicações menos geral e atualmente restritas a extrações sob a forma de fluidos, como exemplo da exploração de petróleo, de sais sódico-potássicos, de gases combustíveis naturais, etc. De um modo geral, a mineração à céu aberto proporciona um acréscimo de produtividade no trabalho em relação à mineração em subsolo, apesar de, às vezes, penalizar no aspecto qualidade do produto (ROM) em função de perda de seletividade e efeito escala. Esse aumento de produtividade teve origens após a segunda grande guerra com a introdução de novos explosivos, novas máquinas de perfuração, aumento da capacidade das máquinas de desmonte, melhoria dos processos de beneficiamento dos minerais e uso de equipamentos de escavação e de transporte de grandes capacidades.

Operações e equipamentos de escavação e transporte de mineração a céu aberto

Segundo QUEVEDO et al (2009), as operações de carregamento e de transporte consistem em retirar o material extraído da frente de lavra até diferentes pontos de descarga. Em minas a céu aberto as atividades se iniciam com a preparação da área a ser lavrada para que ela possa ser perfurada e detonada, quando necessário. Então a escavação e o carregamento são feitos por equipamentos pás carregadeiras ou escavadeiras que estão estrategicamente distribuídos nas frentes de lavra para atender à demanda de produção. Estes retiram o material e o carregam nos equipamentos de transporte, (caminhões, correias transportadoras, vagões, entre outros). O equipamento de transporte transporta o material até um determinado ponto de descarga, esses pontos de descargas podem ser britadores, pilha estéril ou pilha pulmão, e o ciclo da operação recomeça, sendo realizada de forma contínua (Figura 1).



Fig. 1 - Escavadeira e caminhão usados em mineração a céu aberto

COUTO (1990), diz que “as operações fundamentais na lavra à céu aberto são praticamente as mesmas da lavra subterrânea, embora algumas delas sejam mais simples e até em certos casos de diminuta importância, sendo de destacar a inexistência de sustentação do teto e de um menor ou nulo emprego de explosivos”. É evidente que as operações de carga e de transporte ocorrem tanto em um como no outro tipo de lavra, mas elas permitem o emprego de

equipamentos mais avantajados em métodos de lavra à céu aberto. A sequência ou ciclo normal das operações da lavra fundamentais a céu aberto pode ser sintetizada segundo o diagrama apresentado na Figura 2. Essas operações podem ser executadas no estéril sobrejacente e ou no minério, simultaneamente ou defasadamente, desde que tenha se liberado superficialmente o minério de interesse.

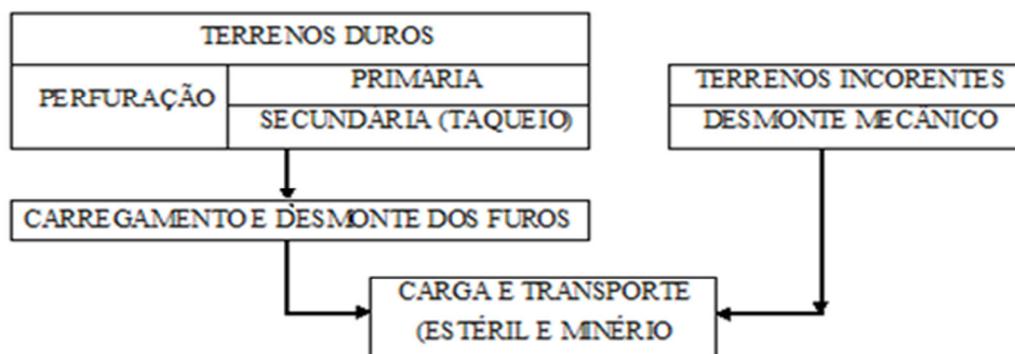


Fig. 2 - Ciclo normal de operações mineiras. Fonte: Couto (1990)

Produtividade dos equipamentos de carregamento e de transporte

Segundo SILVA (2009), a produtividade dos equipamentos de carregamento e de transporte na mineração a céu aberto, depende com que o projeto da mina e o planejamento de lavra sejam adequados à jazida e que os equipamentos selecionados estejam ajustados às demais operações unitárias de lavra e beneficiamento. Assim sendo, o tipo, o número de equipamentos a serem utilizados e a produtividade dependem dos seguintes fatores:

- Porte dos empreendimentos: vida da mina, taxa de produção, método de lavra;
- Projeto de cava: altura das bancadas, largura das frentes de trabalho, diferença de nível entre as frentes de lavra e o destino dos caminhões;
- Tipos de rocha: características do minério e do estéril, como massa específica “in-situ”, empolamento, umidade, resistência à escavação, grau de fragmentação;
- Projeto de deposição do estéril: local da deposição, forma de disposição do estéril;
- Projetos das estradas: largura das estradas (recomenda-se uma largura mínima de pista igual a 3,5 vezes a largura do caminhão, o que deixa uma faixa igual a meio caminhão de largura entre os veículos que se cruzam e nas laterais. Caso a faixa seja estreita, o motorista se sentirá inseguro e reduzirá a velocidade ao se aproximar um veículo em sentido contrário), inclinação longitudinal das rampas de acesso, raio de curvatura em trechos curvos, acabamento da superfície de rolamento;
- Planejamento de lavra: número de frentes simultâneas, relação estéril/minério, frequência de deslocamento entre as frentes de lavra;
- Destino do minério: distância, tipo, dimensões e taxa de produção do equipamento que receberá o minério do caminhão, tais como britadores, silos, pilha para lixiviação, entre outros.
- Infraestrutura de apoio: recursos de manutenção, recursos para abastecimento, comunicações etc.;
- Equipamentos para demais operações: manutenção das estradas e frentes de lavra desmonte de minério e do estéril etc.

Parâmetros Fundamentais para Estimativa de Produtividade dos Equipamentos

Como forma de auxílio à tomada de decisão ao planejamento dos equipamentos de carregamento, transporte e dimensionamento dos mesmos, os cálculos de estimativa de produtividade são indispensáveis no processo de seleção de equipamentos.

Segundo SILVA (2009), para os cálculos de estimativa de produção é necessário considerar alguns parâmetros fundamentais tais como:

- Volume da caçamba ou concha que representa a capacidade operacional, rasa ou coroada conforme o caso dos equipamentos de carregamento, essa capacidade pode ser calculada pela equação 1;

$$V_C = \frac{C_{\max}}{P_{\text{esp}}} \quad (1)$$

Onde:

- V_C é o volume da caçamba ou concha do equipamento;
- C_{\max} é a carga máxima admissível na caçamba ou concha;
- P_{esp} é o peso específico do material solto.
- Fator de Enchimento da Caçamba que é um fator aplicável sobre a capacidade operacional da caçamba e que, basicamente, será função das características do material, e ou das condições dos desmontes, da altura da bancada e da forma de penetração do equipamento. A capacidade da concha e do tipo de material é descrita pela equação 2;

$$Q_U (m^3) = V_C \times F_{EB} \quad (2)$$

Onde: F_{EB} é o fator de enchimento da caçamba.

- Empolamento que é o aumento de volume que a rocha apresenta depois de fragmentada, ou mais amplamente, é o aumento de volume em relação a um estado anterior de maior compactação. O empolamento é dado pela seguinte equação 3;

$$E = (\lambda - 1) \times 100 \% , \text{ onde } \lambda = \frac{\gamma_c}{\lambda_s} \text{ e } V_s = V_c \times \frac{\gamma_c}{\lambda_s} = \lambda \times V_c, \quad (3)$$

Onde:

- λ é o fator de empolamento,
- γ_c é o peso específico do material no corte;
- γ_s é o peso específico do material empolado ou solto,
- V_c é o volume originalmente no corte ou in situ; e
- V_s é o volume do material rochoso após a fragmentação.
- Carga de Tombamento que é a carga que faz com que uma escavadeira hidráulica equipada para determinada finalidade e, considerando a posição em que a sustentação é mais desfavorável, perca o equilíbrio e tombe;
- Fator de Disponibilidade do Equipamento, onde a sua correta determinação é primordial para os cálculos de rendimento em longo prazo. Os fatores tais como má organização da mina, condições de trabalhos adversas, operações em vários turnos e manutenção preventiva e corretiva inadequadas poderão reduzir a disponibilidade do equipamento. A disponibilidade do equipamento se divide em disponibilidade mecânica e disponibilidade física que corresponde à parcela das horas programadas

em que o equipamento está apto para operar, isto é, não está à em manutenção. A isponibilidade mecânica e física é dada pelas equações a 4 e 5 respetivamente;

$$DM = \frac{HT - (MP + MC + TP)}{HT} \times 100\% \quad (4)$$

$$DF = \frac{HP - HM}{HP} \times 100\% \quad (5)$$

Onde:

- DM é disponibilidade mecânica;
- DF é disponibilidade física
- HT é total de horas teóricas possíveis no período, exemplo, por ano;
- MP é manutenção preventiva, compreendendo todo o serviço programado, conservação e inspeção dos equipamentos, executados com a finalidade de manter o equipamento em condições satisfatórias de operação;
- MC é manutenção corretiva. Significa o serviço executado no equipamento com a finalidade de corrigir deficiências que possam acarretar a sua paralisação;
- TP é o tempo perdido correspondente à locomoção da máquina por motivos de desmonte de rocha ou outros intervalos de operação (almoço, café, troca de turno, entre outros).
- DF é a disponibilidade física que representa a percentagem do tempo que o equipamento fica à disposição do órgão operacional para a produção;
- HP corresponde às horas calculadas por ano, na base dos turnos previstos, já levando em conta a disponibilidade mecânica e/ou elétrica;
- HM corresponde às horas de reparos na Oficina ou no Campo, incluindo a falta de peças no estoque ou falta de equipamentos auxiliares.
- Fator de Utilização do Equipamento que é o fator aplicável sobre as horas disponíveis do equipamento. Corresponde à parcela em que o equipamento está efetivamente em operação. Os fatores tais como número de unidades ou porte compatível, maior ou menor que o requerido; paralisação de outros equipamentos; falta de operador; deficiência do operador; condições climáticas que impeçam a operação dos equipamentos; tipo de desmonte de rocha na mina e preparação das frentes de lavra influencia na utilização de um equipamento. O fator de utilização é calculada pela equação 6;

$$U = \frac{HT}{HP - HM} \times 100\% \quad (6)$$

Onde:

- HT é total de horas efetivamente trabalhadas;
- HP corresponde às horas calculadas por ano, na base dos turnos previstos, levando em conta a disponibilidade mecânica e ou elétrica;
- HM são as horas de reparos na oficina ou no campo, incluindo a falta de peças no estoque de equipamentos auxiliares.

Rendimento ou Eficiência Operacional que é a relação entre as horas efetivamente trabalhadas e as horas programadas, ou seja, é o produto da disponibilidade física pela utilização. É esta eficiência de trabalho que resulta em maior lucratividade. Fatores devido às paradas, atrasos ou deficiências em relação ao máximo desempenho do equipamento devem-se, entre outros, aos motivos tais como características do material, supervisão no trabalho, esperas no britador,

falta de caminhão, maior ou menor habilidade do operador, interrupções para a limpeza da frente de lavra, desmontes de rochas, capacidade da caçamba e pequenas interrupções devido aos defeitos mecânicos, não computados na manutenção. O rendimento é dado pela equação 7;

$$R = D_f \times U \quad (7)$$

- Tempo de Ciclo da Escavadeira que é o tempo gasto pelo equipamento para executar um conjunto de determinadas operações como, por exemplo: manobra, carga, descarga, basculamento, deslocamento, etc. O tempo de ciclo total de uma operação é o somatório de tempo de todas as atividades que compõem essa operação;

Para uma escavadeira, o tempo de ciclo de trabalho normalmente consiste em tempo de carregamento, tempo de rotação com caçamba carregada, tempo de descarga ou basculamento e tempo de rotação com caçamba descarregada. O ciclo só estará concluído quando a máquina estiver posicionada de forma a iniciar um novo ciclo, ou seja, pronta para iniciar o carregamento. A duração do tempo de ciclo de uma escavadeira é igual à soma dos quatro tempos como mostra a equação 8:

$$T_{ciclo}(s) = T_C + T_{RC} + T_D + T_{RD} \quad (8)$$

O tempo total do ciclo da escavadeira depende do tamanho da máquina (máquinas pequenas podem completar o ciclo mais depressa que máquinas grandes) e das condições operacionais. Em condições operacionais muito boas, a escavadeira pode completar o ciclo com rapidez. À medida que as condições do trabalho tornam-se mais severas (escavação mais dura, profundidade de escavação, mais obstáculos etc.), a escavadeira diminui a velocidade. O tempo para o enchimento da caçamba aumenta à medida que a escavação torna-se difícil em função da consistência do solo. À medida que a vala torna-se mais profunda e o monte do despejo maior, a caçamba tem que percorrer um deslocamento mais longo e a estrutura superior tem que oscilar a uma distância maior a cada ciclo de escavação.

Para os caminhões, o estudo dos tempos e movimentos característicos é dividido em fixos e variáveis, sendo o primeiro composto por: tempo de carga, tempo de descarga e tempo de manobras. (soma de manobras para carregamento e manobras para descarga). Já os tempos de transporte, carregado e vazio, somados formam o tempo de ciclo variável. A duração do tempo de ciclo é igual à soma dos cinco tempos, segundo a equação 9.

$$T_{ciclo} = T_{MP} + T_C + T_{TC} + T_{MB} + T_{TV}. \quad (9)$$

- Resistência ao Rolamento que é uma medida da força necessária para superar o atrito interno dos rolamentos e, em unidades montadas sobre rodas pneumáticas, para superar o efeito de retardamento entre os pneus e o solo. Isto é dada pelo afundamento do pneu do caminhão no material de revestimento da estrada. A resistência ao rolamento é dado pela equação 10;

$$Rr = (20 + 6A) \times P = K \times P \quad (10)$$

Onde:

- Rr é a resistência ao rolamento (kg);
- P é o peso total do equipamento (t);
- A é afundamento dos pneus no solo (cm);
- K é o coeficiente de rolamento que depende do terreno sobre o qual o equipamento se locomove.

- Resistência de Rampa (RRa) que, é uma medida da força, devido à gravidade, que é preciso superar para movimentar a máquina em rampas desfavoráveis (aclives). A resistência da rampa é uma medida da força, devido à gravidade, que ajuda na movimentação da máquina em rampas favoráveis. Via de regra, as rampas são medidas em percentagem de inclinação, que é a relação entre a ascensão ou queda vertical e a distância horizontal em que ocorre essa ascensão (+) ou queda (-). Por exemplo, uma inclinação de 10% equivale a uma ascensão ou queda de 10 m para cada 100 m de distância horizontal (10:1) ou $\text{tg}\theta = 10/100 \rightarrow \theta = 5,7^\circ$ em relação à horizontal. Uma ascensão de 4,60 m em 53,50 m corresponde a uma inclinação de 8,6%. Isto é: $(4,60 \text{ m} : 53,50 \text{ m}) \times 100\% = 8,6\% \rightarrow \theta = 4,9^\circ$. O fator de resistência de rampa é expresso em kgf/ e é dado pela equação 11;

$$FRRa = P \times \text{sen}\alpha \quad (11)$$

DIMENSIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS POR INDICADORES DE PRODUÇÃO

Segundo CLARKE et al (1990), usando os indicadores de produção é possível estimar a produção de quaisquer equipamentos, dada sua taxa de utilização, disponibilidade, produtividade, eficiência de operação, número de equipamentos e horas totais programadas, onde o produto destes é igual à produção da frota em um determinado período de tempo, conforme a equação 12:

$$P = DF \times UT \times PR \times HTP \times N_{equip} \quad (12)$$

Onde,

- P = Produção da frota
- DF = Disponibilidade física dos equipamentos;
- UT = Fator de utilização dos equipamentos;
- PR = Produtividade efetiva dos equipamentos;
- HTP = Horas totais programadas;
- N_{equip} = Número de equipamentos na frota.

Nesse caso, para estimar o número de equipamentos, deve ser feita a operação inversa, onde se tem a produção anual e os indicadores mencionados, pelos quais é obtido o número exato de equipamentos necessários para produção planejada, através da equação 13:

$$N_{equip} = \left(\frac{P_a}{HT} \right) \times \frac{1}{P} \quad (13)$$

Onde:

- P_a = Produção anual

Em que,

$$HT = DF \times UT \times HTP \quad (14)$$

O dimensionamento de equipamentos por indicadores de produção gera resultados fidedignos à realidade da operação. Quanto maior a aderência dos indicadores de produção estimados aos

indicadores praticados, maior será a aderência da estimativa de produção a produção realizada.

As estimativas dos indicadores de produção devem sempre ser fundamentadas em estudos de campos, manuais de fabricantes e principalmente estar aderentes às médias históricas praticadas em cada operação a fim de se evitar que estes sejam subestimados ou superestimados, causando divergências na capacidade produtiva dimensionada com a realizada.

MODELO EXCEsimulator

O EXCEsimulator é uma rotina criada a partir da plataforma do *Microsoft Excel* complementada com linguagem de programação *Visual Basic for Applications (VBA)* onde o usuário poderá dimensionar os equipamentos de escavação e de transporte em mineração através do cálculo das capacidades das caçambas das escavadeiras, do número de escavadeiras e de caminhões, do tempo de espera dos caminhões para serem atendidas pelas escavadeiras em uma determinada escala de produção, com base nas interfaces do programa. Esse modelo reúne informações relativas às condições operacionais e aos dados dos equipamentos.

Panorama Geral do EXCEsimulator

O modelo reúne informações relativas às condições operacionais e aos dados dos equipamentos. Assim é possível calcular e fornecer ao usuário resultados sobre as capacidades das caçambas das escavadeiras, o número de escavadeiras e de caminhões, e o tempo de espera dos caminhões para serem atendidas pelas escavadeiras em uma determinada escala de produção.

A figura 3 resume como foi estruturada a rotina EXCEsimulator desde a entrada de dados até a produção dos resultados finais.

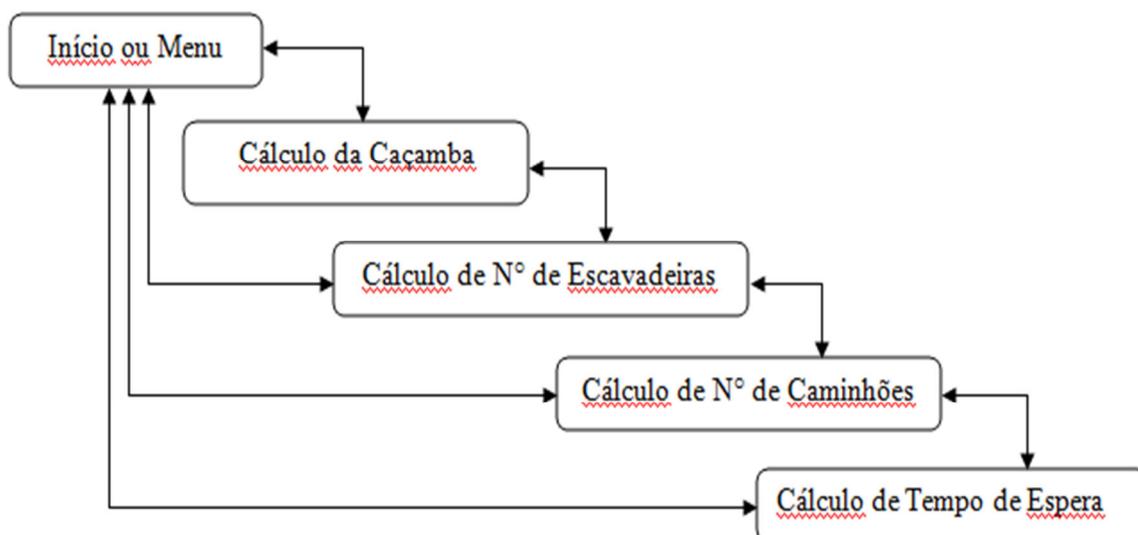


Fig. 3 - Fluxograma do EXCEsimulator

A interface

Como se pode observar na figura 3, o EXCESimulator está dividido em cinco etapas ou janelas de interação relacionadas com interfaces que podem ser executadas sequencialmente ou individualmente, o que permite uma fácil utilização por parte do usuário.

A primeira janela (ou interface de abertura) dá acesso às quatro janelas de cálculo do programa onde o usuário irá escolher a atividade a executar. Todas as janelas permitem acesso à primeira e vice-versa. Nessas quatro janelas que são acessadas através da interface abertura, tem na sua esquerda os parâmetros ou indicadores de produção; À direita são apresentados os campos de entrada para a informação dos valores referentes a cada parâmetro da esquerda; e na parte inferior de cada passo, estão os comandos “Calcular”, “Limpar”, “Voltar” e “Abrir outra janela”, se quiser continuar com os cálculos.

A seguir se descrevem os cinco passos das atividades das janelas:

1º Passo (Entrada na Janela Início ou Menu)

Ao abrir o programa, entrará na janela de menu (Figura 4) onde estão as quatro janelas para as atividades dos cálculos da caçamba, do número de escavadeiras, do número de caminhões, do tempo de espera e o comando para sair do programa. Tendo entrado no programa, o usuário irá escolher qual das atividades a executar.



Fig. 4 - Janela de Início ou Menu

2º Passo (Cálculo da Capacidade da Caçamba da Escavadeira):

Como todos os outros passos, aqui estão apresentados os parâmetros para o cálculo da capacidade da caçamba da escavadeira, onde o usuário irá digitar os valores de cada parâmetro segundo as características do equipamento e dos valores do planejamento da lavra. Tendo inserido os respectivos valores, são habilitados na parte inferior da janela os comandos calcular, limpar, início, passar ao cálculo de número de escavadeiras e seguir se assim desejar continuar com os cálculos desta etapa e, mais a baixo o relatório da atividade desta janela (Figura 5).

Fig. 5 - Janela para o cálculo do volume da capacidade da escavadeira

Tendo calculado a capacidade da caçamba, seleciona-se um equipamento dentro das opções disponíveis nos manuais de equipamentos fornecidos pelos fabricantes e em seguida, escolhem-se os veículos de transporte que é baseado no número de passes necessários para o enchimento do caminhão.

3º Passo (Cálculo do Número de Escavadeiras):

Como no passo anterior, esta janela contém os parâmetros da escavadeira e da capacidade da caçamba da escavadeira selecionada com base nos manuais de equipamentos fornecidos pelos fabricantes. Tendo inserido os respectivos valores, na parte inferior da janela ficaram disponíveis cinco comandos (calcular, limpar, voltar, início e passar ao cálculo de número de caminhões) para utilizar (Figura 6).

Fig. 6 - Janela para o cálculo de número de escavadeiras

Tendo calculado o número de escavadeiras necessárias e sabendo que deve adotar um número inteiro, há que se levar em consideração a escolha de um inteiro inferior ou superior ao valor obtido no cálculo.

4º Passo (Cálculo do Número de Caminhões):

Como no passo dois e três, esta janela contém os parâmetros do caminhão, da escavadeira e a capacidade da concha da escavadeira selecionada com base nos manuais de equipamentos fornecidos pelos fabricantes. Tendo sido informados os respetivos valores, na parte inferior da janela habilita-se os comandos calcular, limpar, voltar, início e passar ao cálculo de tempo de espera e, mas abaixo o relatório da atividade desta janela (Figura 7).

Fig. 7 - Janela de cálculo de número de caminhões

Sabendo que o número de caminhões a adotar depois de calculados será um número inteiro, há que ter em consideração a escolha de um inteiro inferior ou superior ao valor obtido. No caso de se adotar um inteiro inferior a escavadeira torna-se o “gargalo” da operação e consequentemente o ciclo de produção ficará limitado pelo equipamento de escavação. No caso de se adotar o inteiro superior a limitação transfere-se para os caminhões. O que é preferível, pois é mais fácil depender da adição de um caminhão do que de uma nova escavadeira, ou mesmo da ampliação da concha, que pode provocar alteração da adequação (MATCH) caminhão /escavadeira ou problemas com a limitação de carga de lançamento por parte do sistema de elevação da escavadeira.

5º Passo (Cálculo de tempo de espera):

Como no quarto passo, esta janela contém os parâmetros do caminhão e da escavadeira. Na parte inferior desta janela também podemos encontrar quatro comandos (calcular, limpar, voltar e início) para utilizar (Figura 8).

Fig. 8 - Janela de cálculo de tempo de espera de o caminhão carregar

A escolha do número inteiro maior ou menor do número cálculo de tempo de espera é fundamental porque permitirá uma boa compatibilização dos equipamentos. E o outro fator é de se saber qual dos equipamentos (escavadeira ou caminhão) comanda a operação.

5. EXEMPLO

Como procedimento de validação dos cálculos realizados pelo EXCESimulator foi efetuada uma comparação com base nos valores retirados no manual da Caterpillar para o cálculo da capacidade da caçamba da escavadeira e do manual da Komatsu para cálculo do número de caminhões e tempo de espera. Os resultados estão apresentados nas tabelas 1, 2, 3 e 4.

Tabela 1 - Valor da capacidade da caçamba segundo o cálculo da caterpillar

Dados utilizados para cálculo da capacidade da caçamba da escavadeira	
Produção anual (t)	5.369.880
Regime de operação (h/ano)	8760
Fator de enchimento	85% (0,85)
Densidade do material solto (t/m ³)	2,5
Tempo total de ciclo da escavadeira (min)	0,80
Eficiência de operação	90% (0,9)
Densidade mecânica	95% (0,95)
Capacidade da caçamba calculada (m³)	5,4

Fig. 9 - Valor da capacidade da caçamba segundo o cálculo do EXCESimulator

A figura 9 demonstra que o resultado obtido usando a interface de cálculo coincide com o resultado apresentado no manual do fabricante, validando que os cálculos implementados estão consistentes.

A mesma proposta de cálculos e validações foram usados para as demais etapas implementadas nas demais janelas de cálculo da interface.

Tabela 2 - Valor de número de escavadeiras segundo o cálculo da Caterpillar

Dados utilizados para cálculo de número de escavadeira	
Produção anual (t)	5.369.880
Regime de operação (h/ano)	8760
Disponibilidade mecânica	95% (0,95)
Utilização	80% (0,8)
Eficiência de operação	90% (0,9)
Tempo total de ciclo da escavadeira (min)	0,8
Capacidade da caçamba (m ³)	5,4
Número de escavadeiraa calculado	2,21 → 3

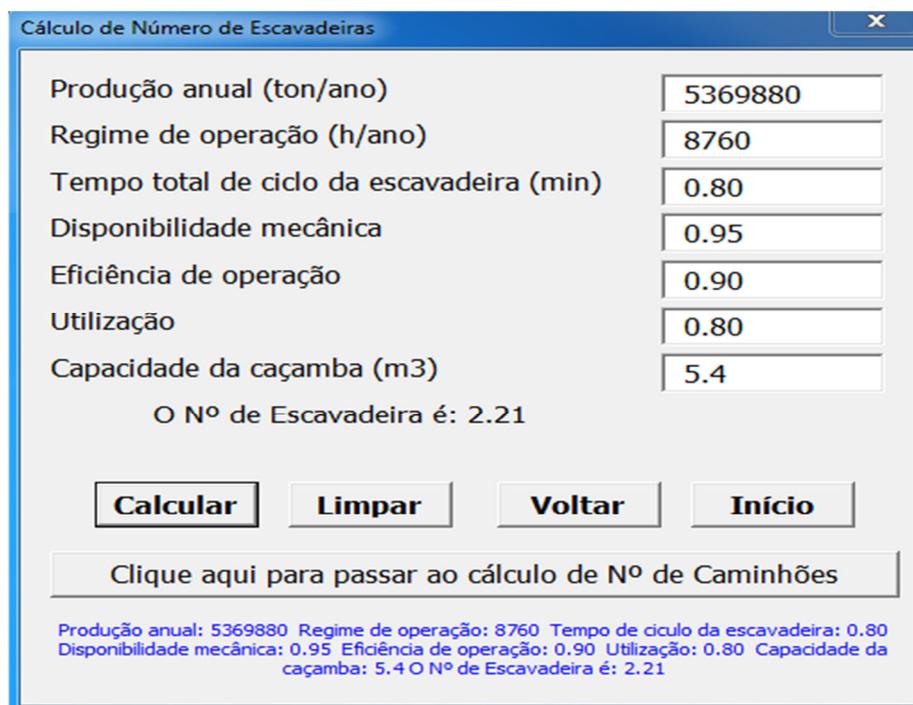


Fig. 10 - Valor de número de escavadeira segundo o cálculo do EXCESimulator

Para não tornar a escavadeira “gargalo” da operação, adotou-se um número superior do calculado.

Tabela 3 - Valor de número de caminhões segundo o cálculo da Komatsu

Dados utilizados para cálculo de número de caminhões	
Produção anual (t)	5.369.880
Regime de operação (hano)	8760
Disponibilidade mecânica	85% (0,85)
Utilização	75% (0,75)
Eficiência de operação	90% (0,9)
Tempo total de ciclo do caminhão (min)	12,32
Capacidade da caçamba (m3)	5,4
Número de passes	5
Número de caminhões calculados	8,1

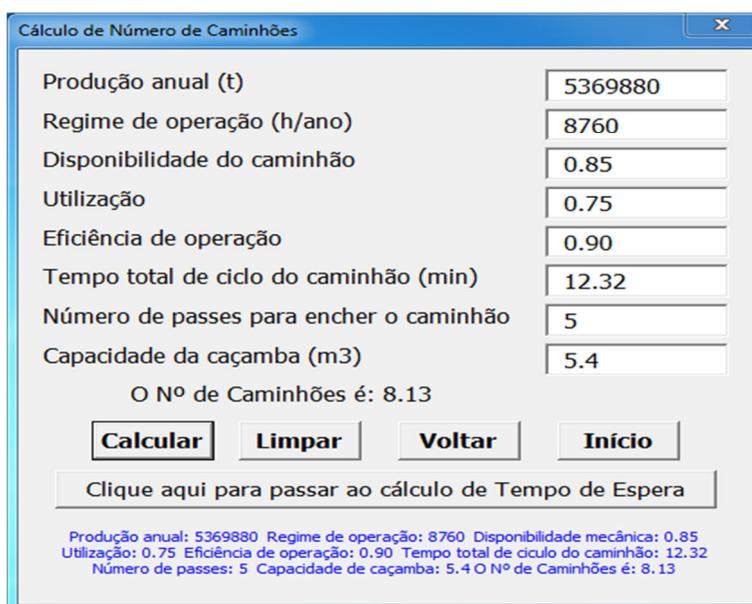


Fig. 11 - Valor do número de caminhões segundo o cálculo do EXCESimulator

Tabela 4 - Valor do tempo de espera segundo o cálculo da Komatsu

Dados utilizados para cálculo de tempo de espera	
Número de caminhões calculados	8,13
Número inteiro menor de caminhões	8
Capacidade de caminhão (m ³)	22,4
Capacidade da caçamba da escavadeira (m ³)	5,4
Tempo de ciclo da escavadeira (min)	0,8
Tempo de espera (min)	0,43

Fig. 12 - Valor do tempo de espera segundo o cálculo do EXCESimulator

Tendo em conta os resultados obtidos através do EXCESimulator estarem em conformidade com os valores obtidos pelos cálculos de alguns dos fornecedores dos equipamentos, é possível tirar a conclusão de que o modelo satisfaz aos objetivos do trabalho.

CONCLUSÕES

O estudo e análise dos métodos e conceitos fundamentais da seleção e dimensionamento de equipamentos de escavação e de transporte presentes na literatura atual foram base para o entendimento e aplicação prática dos principais conceitos e técnicas relacionados ao dimensionamento dos equipamentos. Todavia, das diversas técnicas e conceitos para dimensionamento de equipamentos na literatura, neste artigo foi utilizado o dimensionamento por indicadores de produção, que se bem utilizados geram resultados com um bom nível de aderência à realidade da operação.

O modelo desenvolvido para este artigo é aplicável a qualquer tipo de equipamentos de escavação e de transporte, independente do seu porte e volume de produção.

A partir da inserção de algumas variáveis como os indicadores de produção dos equipamentos, o modelo criado é capaz de fornecer:

- A capacidade da caçamba a ser usado nos equipamentos de escavação;
- O número de unidades de escavadeiras necessário para operar com as unidades de transporte;
- O número de unidades de transporte necessário para operar com as unidades de escavação;
- O tempo de espera que uma unidade transporte irá levar para ser carregado pela unidade de escavação.

Os serviços de escavação podem apresentar características muito específicas e particulares, por exemplo: escavação linear, abertura de valas e trincheiras; conservação e limpeza de cursos de água e taludes. Assim, julga-se vantajoso verificar se os critérios definidos no presente modelo são aplicáveis ou adaptáveis a obras que não se restrinjam à escavação comum.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem a Universidade Federal do Rio Grande de Sul (UFRGS) pela oportunidade e apoio na realização na dissertação de mestrado e ao projeto NICHE pelo suporte financeiro na bolsa de estudo.

REFERÊNCIAS

- [1]-CATERPILLAR Inc. Manual de Desempenho (PHB). 42ª edição, Peoria, Illinois, EUA. USA, 2012. Pg. 260-792.
- [2]-CLARKE, M.P. DENBY, B. SCHOFIELD, D. Decision making tools for surface mine equipment selection. Mining Science and Technology, n.10. 1990. Pg 323-335.
- [3]-COUTO, R. T. Da S. Lavras a céu aberto e equipamentos principais. Dissertação de doutoramento apresentada à Faculdade de Engenharia do Porto, Departamento de Engenharia de Minas. 1990. Pg 68-70
- [4]-KOMATSU. Specifications & Application Handbook, 27 Edition. Japan: s.n., 2006. Pp. 177-695
- [5]-QUEVEDO, J. M. G.; DIALLO, M.; LUSTOSA, L. J. Modelo de simulação para o sistema de carregamento e transporte em mina a céu aberto. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. 2009.
- [6]-RUNGE LIMITAD. Curso de formação em software Tulpac, Austrália 2012, Pg 5-6
SENAC - Rio Grande do Sul. Apostila de Programação VBA para Excel, Porto Alegre, 2010. 06p
- [7]-SILVA, Antônio. Sebenta de Introdução à Computação - Visual Basic, ISEP 2009. p 53-63
- [8]-SILVA, V. C. Apostila de Carregamento e transporte de rochas. Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. 2009. Pg. 32-89.

ARTIGO REF: 6480

APLICAÇÃO DO PROJETO DE EXPERIMENTAÇÃO PARA OPTIMIZAÇÃO DO ENXOFRE NAS CAMADAS INFERIORES DE CARVÃO DE CANDIOTA, RS-BRASIL

David Selemane José^{1(*)}, Carlos Hoffmann Sampaio¹, Romualdo R. J. Brito²

¹Laboratório de Processamento mineral (LAPROM)- Escola de Engenharia, UFRGS- RS, Brasil

²University of the Witwatersrand-School of mining engineering- South Africa

(*)*Email: jdselemane@gmail.com*

RESUMO

Este artigo apresenta o estudo da otimização do enxofre nas granulometrias das camadas inferiores de carvão de Candiota. Estas granulometrias podem definir a maior ou menor facilidade no processo de beneficiamento gravimétrico, sabendo que o Carvão Mineral de Candiota, pela sua composição mineralógica e pelo seu processo de formação geológica, possui altos teores de enxofre, o que não é satisfatório para a sua aplicação em altos fornos assim como na fabricação de aço. Sendo assim a variável de resposta do estudo é do tipo menor-é-melhor. Para realizar a otimização do enxofre nas camadas inferiores foi aplicado um projeto fatorial completo contemplando três fatores controláveis e três repetições, resultando em um número total de 54 ensaios. A análise dos dados foi feita através da tabela ANOVA e modelos de regressão.

INTRODUÇÃO

O Planejamento de Experimentos (em inglês Design of Experiments, DOE) é uma técnica utilizada para se planejar experimentos, ou seja, para definir quais dados, em que quantidade e em que condições devem ser coletados durante um determinado experimento, buscando, basicamente, satisfazer dois grandes objetivos: a maior precisão estatística possível nas conclusões com um menor custo. É, portanto, uma técnica de extrema importância para a indústria, pois seu emprego permite resultados mais confiáveis economizando dinheiro e tempo, parâmetros fundamentais em tempos de concorrência acirrada. A sua aplicação no desenvolvimento de novos produtos é muito importante, onde uma maior qualidade dos resultados dos testes pode levar a um projeto com desempenho superior seja em termos de suas características funcionais como também sua robustez.

A maior reserva brasileira de carvão encontra-se na jazida de Candiota, minerada atualmente pela Companhia Riograndense de Mineração - CRM, no estado do Rio Grande do Sul. As camadas inferiores dessa jazida correspondem a 30% de toda a sua reserva, porém não são mineradas. Dentre elas, apenas as camadas C1, C2 e C3 são tratadas neste artigo.

Foram elaboradas curvas de lavabilidade, através de ensaios de afunda-flutua para avaliar as principais características desses carvões para um futuro estudo de beneficiamento gravimétrico. A partir dessas curvas, foram elaboradas as suas curvas médias, representando assim, de forma mais aproximada, as características de cada camada. Através disso foi realizado um estudo comparativo para beneficiamento gravimétrico seletivo e simultâneo dessas três camadas, sem levar em consideração a eficiência no processo.

Com relação ao beneficiamento das camadas inferiores de carvão mineral de Candiota, foram elaboradas tabelas comparativas nas faixas granulométricas (-25,4 +2,0 mm e -2,0 +0,1 mm) com uma alimentação de 100%. Tais tabelas foram elaboradas a partir das curvas-dos-flutuados e afundados, assim como das curvas densimétricas e NGM (*Near- Gravity Material*).

Neste trabalho, pretende-se caracterizar o teor de enxofre do carvão de Candiota para o seu beneficiamento nas camadas inferiores do carvão contemplando duas frações granulométricas compreendidas entre (-25,4+2,0mm) e (-2,0+0,1mm), assim como definir se elas influenciam no teor de enxofre nas nas três camadas em estudo.

METODOLOGIA

Estudos em relação às camadas inferiores de carvão de Candiota

De acordo com Kalkreuth (2004), em geral as camadas de carvão de Candiota são caracterizadas por alto teor de cinzas de mais de 50wt% (porcentagem em peso). A matéria orgânica está intimamente misturada com os minerais e uma série de emendas caracterizadas por liptinite relativamente elevado e conteúdos de inertinite.

Estudos realizados por Correa da Silva (1981), mostram que as camadas de carvão de Candiota apresentam características petrográficas indicativo de uma origem em turfeiras limno-telmatic, onde o material vegetal foi acumulado depois de ser transportado.

Por sua vez Holz et al. (2002) e Holz & Kalkreuth (2004), interpretaram focando na sequência estratigráfica das camadas de carvão de rolamento, e que propriedades da emenda de carvão foram encontradas para a mudança em relação a sua posição estratigráfica.

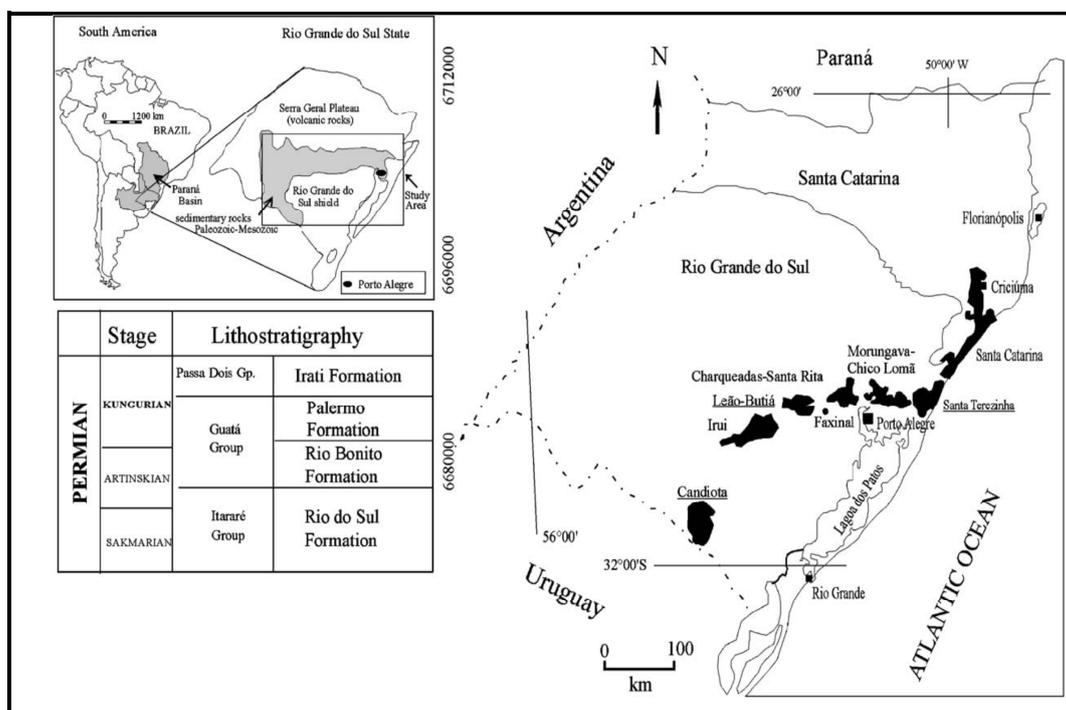


Fig. 1 - Localização geográfica da região de Candiota e principais jazidas de Carvão no Sul do Estado do Rio Grande do Sul, adaptado de Migliavacca (2001)

O estado do Rio Grande do Sul concentra as maiores jazidas deste mineral que é usado principalmente na geração de energia pela queima termoelétrica e na fabricação de aço nas siderurgias através de altos fornos. É nesse contexto que o objeto de estudo será a jazida de Candiota que se encontra localizada 380 km de Porto Alegre, no sudoeste do Rio Grande do Sul, com uma área de 430 km². A Figura 1 apresenta a região de Candiota, e as principais áreas com a presença de Carvão mineral no estado do Rio Grande do Sul.

PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Materiais e métodos

Na interpretação dos dados foram usadas as curvas de lavabilidade para o cálculo dos teores de cinzas e do enxofre. Para a caracterização das camadas com relação ao beneficiamento gravimétrico foram elaboradas tabelas comparativas nas faixas granulométricas entre (-25,4 +2,0 mm) e (-2,0 +0,1 mm) e foram considerados três cortes de teores de cinzas, 35, 42 e 48 % com ROM de 100%.

O beneficiamento do carvão tem por objetivo promover tanto a redução do teor de cinza e de enxofre, quanto o aumento do teor da matéria carbonosa e do poder calorífico, assim como a obtenção de granulometrias adequadas às especificações industriais, visando a sua utilização em função das necessidades do mercado consumidor.

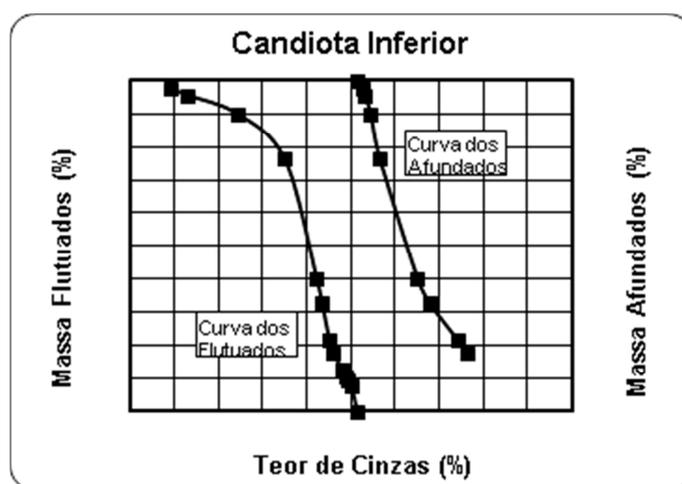


Fig. 2 - Curvas de Lavabilidade das Camadas Inferiores de Candiota. Fonte: Sampaio (2005).

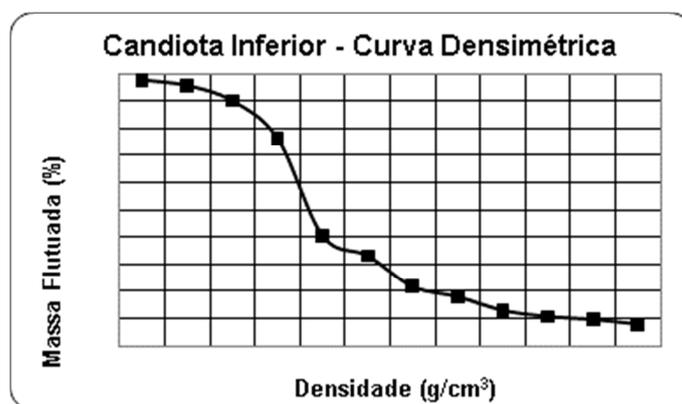


Fig. 3 - Curva densimétrica das Camadas Inferiores de Candiota. Fonte: Sampaio (2005).

O projeto experimental escolhido foi um projeto fatorial completo contemplando três fatores controláveis, sendo eles: profundidade da camada investigada a três níveis (C1, C2 e C3), granulometria investigada a dois níveis (-25,4 +2,0 mm) e (-2,0 +0,1 mm) e corte do teor de cinza investigado a três níveis (35%, 42% e 48%). Para cada combinação dos níveis dos fatores, foram realizadas três repetições (n=3), totalizando 54 ensaios. As Tabelas 1, 2 e 3 apresentam os teores de enxofre para as três camadas, os três cortes de teor de cinza e duas granulometrias estudadas.

Tabela 1 - Fração granulométrica de (-25,4 +2,0mm) e (-2,0 +0,1 mm). Corte de 35% de cinzas

Fração granulométrica (-25,4+2,0 mm)						
Camadas	Alimentação (100%)	Teor de cinzas (%)	Massa dos flutuados (%)	Teor de enxofre total (%)	NGM (%)	Massa dos afundados (%)
C1	100	35	28	0,8	19	72
C2	100	35	52	1,1	26	48
C3	100	35	78	1,0	18	22

Fração granulométrica (-2,0 + 0,1 mm)						
Camadas	Alimentação (100%)	Teor de cinzas (%)	Massa dos flutuados (%)	Teor de enxofre Total (%)	NGM (%)	Massa dos afundados (%)
C1	100	35	6	0,8	---	94
C2	100	35	10	1,1	27	90
C3	100	35	49	1,0	35	51

Tabela 2 - Fração granulométrica de (-25,4 + 2,0mm) e (-2,0 + 0,1 mm). Corte de 48% de cinzas.

Fração granulométrica: (-25,4 +2,0 mm)						
Camadas	Alimentaça ão (100%)	Teor de cinzas (%)	Massa dos flutuados (%)	Teor de enxofre total (%)	NG M (%)	Massa dos afundados (%)
C1	100	42	16	0,7	46	84
C2	100	42	32	1,1	42	68
C3	100	42	76	0,9	14	24

Camadas	Alimentaça ão (100%)	Teor de cinzas (%)	Massa dos flutuados (%)	Teor de enxofre total (%)	NG M (%)	Massa dos afundados (%)
C1	100	42	76	0,6	41	24
C2	100	42	78	0,9	30	22
C3	100	42	71	0,9	20	29

Tabela 3 - Fração granulométrica de (-25,4 +2,0mm) e (-2,0 +0,1 mm). Corte de 48% de cinzas.
[Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho]

Fração granulométrica (25,4 + 2,0 mm)							
Camadas	Alimenta ção (100%)	Teor de cinzas (%)	Massa dos flutuados (%)	Teor de enxof re total (%)	NG M (%)	Massa dos afundados (%)	
C1	100	48	86	0,7	34	14	
C2	100	48	92	1,0	28	8,0	
C3	100	48	99	1,9	16	1,0	

Fração granulométrica (-2,0 + 0,1 mm)							
Camadas	Alimenta ção (100%)	Teor de cinzas (%)	Massa dos flutuados (%)	Teor de enxof re total (%)	NG M (%)	Massa dos afundados (%)	
C1	100	48	39	0,5	59	61	
C2	100	48	48	0,9	43	52	
C3	100	48	88	0,8	20	12	

A tabela 4 apresenta os resultados do teor de enxofre.

Tabela 4: Resultados do teor de enxofre para o experimento realizado
Granulometria das camadas inferiores de Carvão-Candiota (B)

Prof. Corte (A)	B1 (-1) -25,4+2,0 mm			B2 (1) -2,0+0,1mm			MEDIA
	C1(-1)	C2 (0)	C3 (1)	C1(-1)	C2 (0)	C3 (1)	
A1 (-1)	0,82	1,12	1,00	0,80	1,00	1,10	0,95
	0,71	1,10	0,91	0,60	0,90	0,91	
	0,51	0,90	0,81	0,71	1,92	1,21	
A2 (0)	0,5	0,6	0,8	0,9	1,5	0,8	0,94
	0,7	0,9	0,7	0,7	1,9	1,8	
	0,3	0,8	0,5	0,8	0,9	1,9	
A3 (1)	0,9	0,8	0,5	1,2	0,8	1,8	1,13
	0,9	0,5	0,9	0,9	1,2	0,9	
	1,9	0,9	0,8	1,9	1,9	1,7	
Média B	B1	0,81		B2	1,21		
Media C	C1	0,9	C2	1,1	C3	1,1	T...
Soma C	7,2	7,6	6,9	8,5	12,0	12,1	54,4

Esse tipo de projeto foi selecionado, uma vez que se limitou em três o número de fatores controláveis do experimento e também devido ao fato de que todos os experimentos poderiam ser realizados na mesma condição, não sendo necessário bloquear fatores secundários. Sendo assim, o projeto fatorial completo foi considerado como uma proposta adequada aos experimentos a serem realizados.

ANÁLISE DOS DADOS

Os resultados dos experimentos realizados podem ser visto na Tabela 4.

Análises de Variância (ANOVA)

Para análise dos dados, elaborou-se uma Análise de Variância (ANOVA), apresentada na Tabela 5. Considerou-se efeito significativo do fator controlável quando o valor de F calculado foi maior do que o valor de F tabelado associado a um nível de significância definido em 5% ou 10%.

Conforme análise da tabela ANOVA, o fator B (granulometria) é significativo considerando um nível de significância de 5% e a interação AC é significativa considerando um nível de significância de 10%. Os demais fatores controláveis e interações não foram significativos, já que o F calculado apresentou valores inferiores ao F tabelado. O fator controlável B (granulometria) é o que possui maior efeito sobre o teor de enxofre, pois apresentou uma Média Quadrada (MQ) superior às demais.

Análises de regressão múltipla

A Tabela 6 apresenta o resumo do modelo de regressão, sendo os coeficientes dos fatores controláveis e seus respectivos valores-p apresentados na Tabela 7.

Tabela 6 - Estatística da regressão

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,59445315
R-Quadrado	0,35337455
R-quadrado ajustado	0,28601773
Erro padrão	0,36801159
Observações	54

Tabela 7: Coeficientes do modelo de regressão e seus respectivos valores-p

	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	Valor-P	95% inferiores	95% superiores	Inferior 90,0%	Superior 90,0%
Interseção	1,00685185	0,05008	20,10486	5,05982E-25	0,906159	1,107544508	0,92285641	1,090847298
A	0,09194444	0,061335	1,499047	0,140410125	-0,03138	0,215267259	0,01092855	0,194817436
B	0,20018519	0,05008	3,997305	0,000219879	0,099493	0,300877842	0,11618974	0,284180631
C	0,0925	0,061335	1,508105	0,138082033	-0,03082	0,215822815	-0,01037299	0,195372991
AC	-0,11875	0,07512	-1,5808	0,120490971	-0,26979	0,032288985	0,24474317	0,007243169
BC	0,11027778	0,061335	1,797951	0,078475884	-0,01305	0,233600592	0,00740479	0,213150769

Como se pode verificar na Tabela 7, foram considerados significativos o fator controlável B (valor-p=0,000219879) e a interação AC (valor-p=0,120490971).

Análise gráfica dos fatores significativos

Para auxiliar na definição dos níveis dos fatores controláveis que vão garantir um menor teor de enxofre, foi elaborado o gráfico de efeito principal do fator B (granulometria) e o da interação AC (profundidade da camada e corte do teor de cinza), apresentados nas Figura 4 e 5. Como se pode visualizar na Tabela 8, a granulometria B1 (-25,4+2,0 mm) apresenta o menor teor de enxofre.

Tabela 8 - Média dos níveis do Fator B

Yij.	B1	B2
A1	0,88	1,02
A2	0,64	1,24
A3	0,90	1,36
Media	0,81	1,21

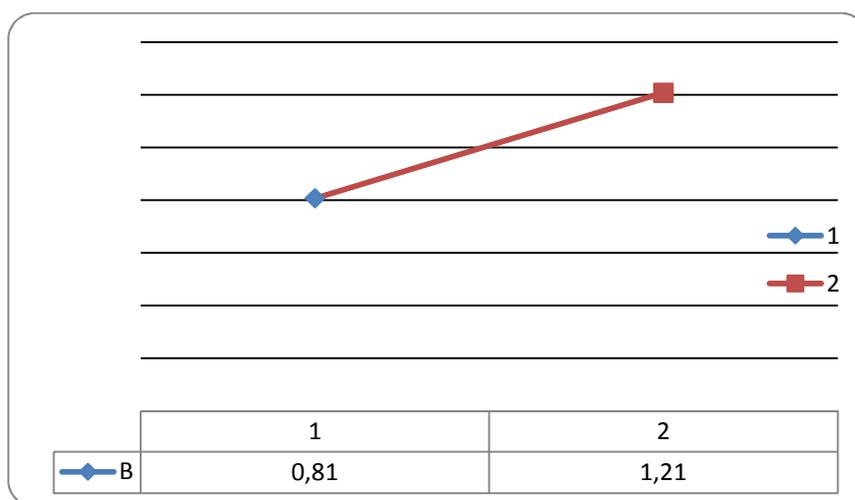


Fig. 4 - Gráfico do efeito principal B (granulometria)

A Tabela 9 apresenta as médias utilizadas na elaboração do gráfico da interação AC.

Tabela 9: Média do teor de enxofre para a interação AC

Yi.k	C1	C2	C3
A1	0,69	1,16	0,99
A2	0,97	1,13	1,08
A3	1,28	1,01	1,10

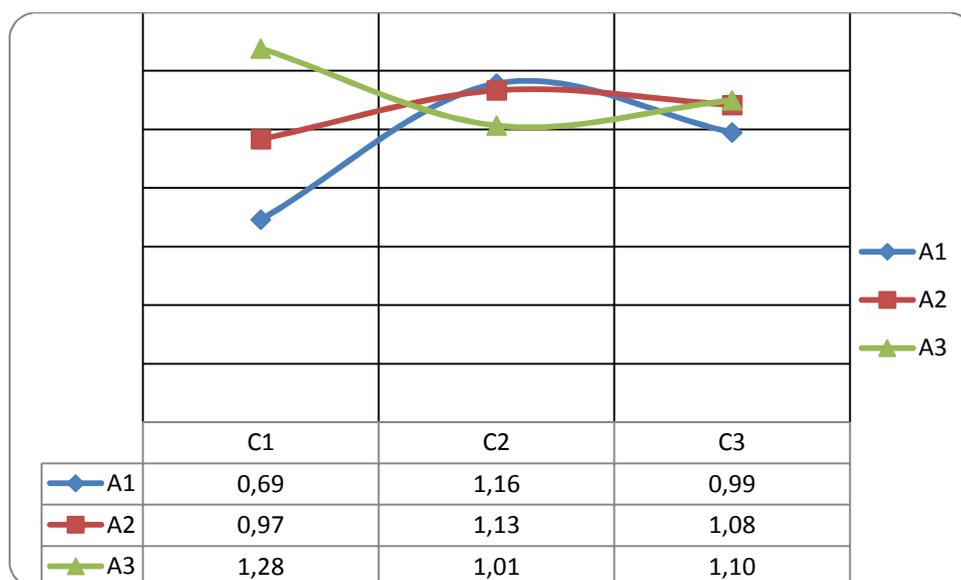


Fig. 5 - Gráfico da interação AC (profundidade da camada e corte do teor de cinza)

Comparação Múltipla de Médias para a interação AC

O resultado da comparação múltipla de médias apresentado na Tabela 10, mostrou que para o nível A1 (teor de cinzas 35%), as camadas C1-C2 apresentaram diferença significativa. Ou seja, o teor de enxofre nas camadas inferiores C1 e C2 de carvão de Candiota diferem significativamente, sendo que C1 apresenta o menor teor de enxofre. O teor de enxofre nas camadas C2 e C3 não difere significativamente.

Tabela 10 - Comparação múltipla de médias para a interação AC

CMM		Fixando		Fixando A2	Fixando A3
		A1			
Sy=	0,21	C1-C2	-0,47	-0,17	0,26
Ld=	0,41 *	C2-C3	0,17	0,05	-0,09
		C3-C1	-0,18	-0,12	-0,18

[*Calculado pela fórmula 1, 96xSy]

CONCLUSÕES

Este artigo teve como objetivo o estudo do teor de enxofre nas camadas inferiores de carvão mineral de Candiota.

Foi realizado um projeto fatorial completo contemplando três fatores controláveis, sendo eles: profundidade da camada, investigada a três níveis (C1, C2 e C3); granulometria, investigada a dois níveis (-25,4 +2,0mm e -2,0 +0,1 mm) e cortes de teores de cinza, investigado a três níveis (35%,42% e 48%). Para cada combinação dos níveis dos fatores, foram realizadas três repetições (n=3), totalizando 54 ensaios.

Os resultados foram analisados pela Tabela ANOVA e por modelos de regressão múltipla. Os fatores considerados significativos sobre o teor de enxofre foram a granulometria e a interação profundidade da camada e corte do teor de cinza. Os menores valores de enxofre foram encontrados na camada inferior C1, teor de cinza 35% e granulometria (-25,4 +2,0 mm).

REFERÊNCIAS

- [1]-A. Muller, H.M. dos Santos, J.C.C. Schmitt, L.A.C. Maciel, M.A. Bertol, S.B. César. Perfil Analítico do Carvão. DNPM, Boletim nº 6, 2ed. Revisada e atualizada. Porto Alegre, 1987, p.140.
- [2]-C. H.Sampaio L. M. Tavares. Beneficiamento gravimétrico: uma introdução aos processos de concentração mineral e reciclagem de materiais por densidade. 1ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, RS-Brasil, 2005.
- [3]-Doerell, P.E. Coal Home page- Engineering & Mining Journal, 2001.
- [4]-Introdução a Projetos de Experimentos. Caderno didático. UFSM, Departamento de estatística, 2002.
- [5]-Laus, R., Laranjeira,M.C.M., Martins, A. Et al. Chitosan Microspheres crosslinked with tripolyphosphate used for the removal of the acidity, iron (III) and manganese in water contaminated in coal mining. Quím. Nova, Jan./Feb.2006,vol 29, no1, p.34-39.ISSN 0100-4042.
- [6]-Ribeiro, J. L. D; Caten, C. S. Ten. Projeto de Experimentos. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Ed, 2010.
- [7]-Toninibutton, S. Metodologia para planejamento experimental e análise de resultados. São Paulo: Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica, 2005.
- [8]-GOMES, Aramis José. Pereira. 2002; Carvão do Brasil /turfa agrícola-geologia, meio ambiente e participação estratégica na produção de eletricidade no sul do Brasil; p 1535.

[9]-José, D.S; Estudo de liberação do carvão de Candiota-RS, visando seu beneficiamento (Dissertação de mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Porto Alegre, 2011.

[10]-Kalkreuth, W. Holz, M., Kern, M.; Machado, G. Mexias, A. Silva, M.B; Willett, J., Finkelman, R., Burger, H., 2006; Petrology and Chemistry of Permian Coals from the Paraná Basin. 1. Santa Teresinha, Butiá and Candiota Coalfields, Rio Grande do Sul, Brazil. International journal of Coal geology, v.68 p79-116.

ARTIGO REF: 6494

ESTUDO DE LIBERAÇÃO DE CARVÃO DE CANDIOTA-RS VISANDO SEU BENEFICIAMENTO

David Selemane José^(*), Carlos Hoffmann Sampaio

Laboratório de Processamento mineral (LAPROM)- Escola de Engenharia, UFRGS- RS, Brasil

^(*)*Email:* jdselemane@gmail.com

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo à caracterização do carvão de Candiota visando seu beneficiamento. A caracterização do carvão para o seu beneficiamento tem sido de grande importância hoje, uma vez que este recurso mineral representa uma alternativa energética em todo o mundo. Entretanto, a previsão de um bom aproveitamento deste recurso mineral, não passa da necessidade da sua caracterização efetiva. O beneficiamento do carvão tem por objetivo promover a redução do teor de cinza, o aumento do teor da matéria carbonosa e conseqüentemente, do poder calorífico. Além disso, promove a redução do teor de enxofre e a obtenção de granulometrias adequadas às especificações industriais, visando a sua utilização em função das necessidades do mercado consumidor [José e Sampaio, 2011]. Para a caracterização do carvão de Candiota para este estudo foram elaboradas tabelas comparativas de todas as camadas divididas em dois grupos: camadas inferiores e superiores nos furos 364, 365, 366, 368, 369, 670, 371 e 372. Devido às exigências mínimas no conteúdo de teor de cinzas no carvão mineral para o seu uso no mercado consumidor, foram pré-definidos três cortes de cinzas em 35, 42 e 48 %. Para alcançar o objetivo proposto, foi calculado para todas as camadas presentes nos furos anteriormente referidos, o concentrado e o respectivo rejeito. Também foi calculada para cada camada a recuperação mássica teórica, média ponderada nas frações (-25,4 +2,0 mm) e (-2,0 +0,1mm) respectivamente. A fração fina de -0,1 mm foi considerada para descarte. Igualmente foram elaborados os fluxogramas de beneficiamento para todas as camadas do carvão nos furos anteriormente referidos, assim como as suas respectivas curvas médias de blendagem. Não foram usados métodos estatísticos para este estudo, nem a previsão de maior recuperação usando as curvas tromp ou de erro, em contra partida foram elaboradas as curvas médias nas blendagens das camadas inferiores e superiores incluindo neste último a camada Banco Louco.

INTRODUÇÃO

O beneficiamento de carvão mineral consiste numa série de processos que visam à redução da matéria inorgânica, tais como rocha (estéril) e impurezas, existente no carvão a fim de melhorar sua qualidade. O carvão bruto não beneficiado, obtido diretamente da mina, é denominado de minério *run-of-mine-* (ROM).

Por outras palavras, o beneficiamento de carvão, se refere ao tratamento dado ao carvão ROM, logo após sua extração, a fim de assegurar a qualidade do mesmo e aumentar sua potencialidade para o uso. O tratamento depende das propriedades do carvão e de seu uso pretendido, podendo exigir uma simples lavagem/moagem ou necessitar de processos mais complexos de tratamento.

Na atualidade, a mineração de carvão é uma atividade de grande importância para a economia nacional brasileira, não só, mas também para muitos países do mundo em vias de

desenvolvimento. A escassez de energia elétrica aliada à menor disponibilidade de recursos hídricos faz com que a geração de energia térmica passe a ser um dos focos principais das possibilidades de expansão do sistema elétrico nacional e internacional. A expansão e aumento da produção de energia no Brasil são de suma importância para atender a necessidade de crescimento econômico que tem se registrado nos últimos anos. Entre os recursos energéticos não renováveis, o carvão mineral ocupa a primeira colocação tanto em abundância, quanto em perspectiva de vida útil; considerado, portanto, a mais importante reserva energética mundial a longo prazo. Sua demanda atual está aumentando consideravelmente, com o objetivo de abastecer novas usinas termelétricas.

No Brasil, os maiores depósitos deste recurso mineral, encontram-se situados no Sul do país, concretamente nos estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul; o objeto de estudo para este trabalho é para a jazida de Candiota, onde se encontra a maior reserva minerada atualmente pela Companhia Riograndese de Mineração - CRM, no estado do Rio Grande do Sul, Pires e Querol (2004), Sampaio *et al.* (2008). A Companhia Riograndese de Mineração (CRM) vem minerando a céu aberto na região de Candiota desde 1961, objetivando a produção de carvão termelétrico. A produção, hoje estima-se na faixa de 1,7 milhões de toneladas de carvão por ano, abastecendo assim a Usina termelétrica Presidente Médici, de 446MW instalados.

Pela maior procura de energia elétrica no mundo, cresce a importância do carvão mineral na atualidade, aumentando-se assim as necessidades de investimentos em otimização de tecnologias com o propósito de se conhecer ainda mais em detalhe as características fundamentais deste recurso mineral para a sua utilização seja nas indústrias siderúrgicas como nas termoelétricas; para queima ou para uso em altos fornos. Nesse contexto se justifica a necessidade deste estudo com o intuito de descrever ainda mais as características gerais dos carvões brasileiros em particular os de Candiota pela sua importância econômica, social que apresenta, na contribuição para a redução da demanda de energia elétrica no país e em particular no estado do Rio Grande do Sul.

O presente artigo tem o objetivo é o estudo de liberação do carvão de Candiota visando seu beneficiamento.

BENEFICIAMENTO DO CARVÃO

Sampaio e Tavares (2005), referindo-se da modernização técnica de tratamento do carvão mineral, aplicada nas indústrias mineiras, tendo em conta aumentar a capacidade de produção e ampliação do seu mercado consumidor, para os diferentes segmentos industriais, enfatiza que ela surgiu da necessidade de desenvolver tecnologias, aumentar as capacidades das plantas de beneficiamento, melhorando a sua eficiência, visando a sua adequação para atender a demanda existente; assim o conhecimento das especificações dos produtos desejados é importante para a verificação da viabilidade técnica e econômica do beneficiamento do carvão.

Hoje em dia, milhões de toneladas de carvão são extraídas e utilizadas com finalidades que vão desde a simples queima até a fabricação de coque metalúrgico empregado em altos fornos. Devido a diferenças de gênese dos carvões, existe a ocorrência de material inorgânico, basicamente argilas e piritas em alguns casos até carbonatos, misturado com material orgânico, os chamados macerais. Os processos que utilizam carvões na maioria das vezes necessitam baixas quantidades destas impurezas, sendo por exemplo as argilas as principais responsáveis pelas cinzas geradas após a combustão de carvões, muitas vezes

prejudiciais ao processo empregado e danoso ao meio ambiente. Assim, a separação dessas impurezas é chamado de beneficiamento, e visa a remoção de materiais não desejáveis que podem estar misturados ao carvão.

Segundo Schubert apud Sampaio (2002) os processos de beneficiamento são classificados de maneira geral, de acordo com a granulometria do carvão empregado como se descreve a continuação:

- Beneficiamento de ultrafinos de carvão (material com granulometria inferior a 0,1 mm), neste caso o processo mais utilizado é a flotação;
- Beneficiamento de finos de carvão (material com granulometria entre 0,1 e 2 mm), neste caso os processos mais utilizados são as mesas concentradoras, espirais, concentradoras, espirais concentradoras e ciclones autógenos;
- Beneficiamento de grossos de carvão (material com granulometria entre 2 e 50 mm), nestes casos, os processos mais empregados são os jigues, meios densos estáticos e meios densos dinâmicos;
- Beneficiamento de grosseiros (material com granulometria maior que 50 mm), quando assim, os processos mais utilizados são os de meio denso estático.

Salienta-se que esta divisão em granulometrias estanques, são apenas indicações, pois diversos equipamentos operam com faixas granulométricas muito diversificadas.

CARACTERIZAÇÃO PARA O BENEFICIAMENTO GRAVIMÉTRICO DE CARVÕES

Sampaio (2002), refere que toda a caracterização do carvão mineral para o beneficiamento com tamanhos superiores a 0,1 mm (carvões finos, grossos e grosseiros), é realizado pelo chamado Beneficiamento Gravimétrico, o qual está baseado na diferença de densidades entre a matéria orgânica (normalmente densidade $1,3\text{g/cm}^3$) e a matéria inorgânica (argilas com densidade próxima a $2,0\text{g/cm}^3$ e piritita com densidade próxima a $2,4\text{g/cm}^3$). Portanto antes de qualquer técnica de beneficiamento a ser empregada, faz-se necessária a caracterização do carvão visando o seu beneficiamento.

Esta caracterização é normalmente, realizada utilizando-se curvas de lavabilidade de Henry-Reinhardt: curvas densimétricas e curvas dos flutuados e afundados figura 1.

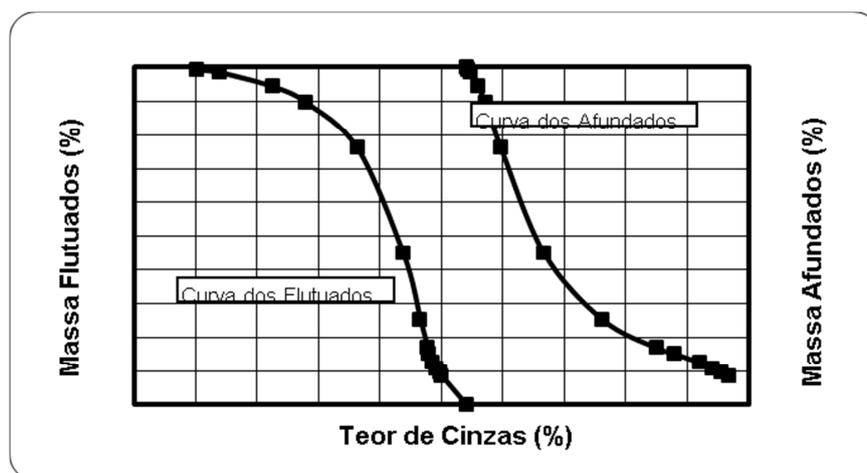


Fig. 1 - Curva dos flutuados e curva dos afundados de um carvão brasileiro [Henry-Reinhardt apud Sampaio, 2002].

A curva densimétrica de Henry- Reinhardt, descreve a liberação das partículas de carvão, por outro lado sabe-se que quando os carvões, quando cominuídos, não são formados por partículas somente de material orgânico ou somente de material inorgânico, existem também a presença de mistos. Estas misturas são formadas parcialmente por material inorgânico, nesse caso a sua densidade será intermediária à densidade dos materiais que a compõem. Também a curva densimétrica ela apresenta quantidade de material flutuado em função da densidade.

A curva dos flutuados indica o teor médio de cinzas do material flutuado numa determinada densidade, por seu turno a curva dos afundados indica o teor médio de cinzas do material restante, ou seja do material que afundou.

De acordo com Cebeci e Aslan (2002), Majumder e Barnwal (2004), Sampaio e Tavares (2005), os testes de afunda-flutua são amplamente utilizados para o beneficiamento de carvão, pois através destes pode ser estimada a sua acessibilidade através da concentração gravimétrica. Estes testes são realizados em faixas densimétricas pré-fixadas. Com seus dados, são feitas as curvas de lavabilidade, também conhecidas como curvas de Henry-Reinhardt (curva densimétrica, curva dos flutuados e dos afundados, curva elementar e curva de tolerância densimétrica ou *Near Gravity Material* ou simplesmente NGM). Tais curvas são utilizadas para avaliar o grau de dificuldade da separação gravimétrica do carvão bruto e, promover dados qualitativos ou quantitativos para os produtos de separação na densidade relativa selecionada.

PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DO CARVÃO MINERAL

Sampaio (2002), se referindo sobre processo de beneficiamento refere que a operação de beneficiamento de carvões, propriamente dita, é uma etapa que não é danosa ao meio ambiente. Isto se justifica uma vez que as plantas de beneficiamento utilizam água para o beneficiamento de carvões. A água utilizada nesse processo é utilizada diretamente em misturas com carvões para facilitar a estratificação do particulado como exemplos na utilização de jígues, mesas concentradoras entre outros, etc. ou então na preparação de polpas (misturas com sólidos finamente cominuídos no caso da magnetita que é usado nos processos em meio-densos). Nos processos que utilizam meio-densos, após o beneficiamento o meio denso é regenerado por meio de separação magnética, restando à água misturada com partícula sólida; esta água é reaproveitada. Nas plantas de beneficiamento de carvões, a água não é totalmente re-aproveitada, pois isto acarretaria aumento da concentração de sais dissolvidos proveniente do carvão beneficiado. Isso poderia diminuir o tempo de vida útil dos equipamentos, devido à corrosão causada por esses sais. Recomenda-se então que a água utilizada sempre deve ser filtrada ou espessada antes do seu descarte, não causando nenhum efeito negativo ao meio ambiente, pois todo o particulado é removido.

Por exemplo, no beneficiamento de ultrafinos (flotação), todos os reagentes químicos utilizados são absorvidos pelo carvão concentrado ou rejeitos, não ocorrendo nenhum tipo de contaminação na água.

Sabe-se ainda que as plantas de beneficiamento de carvões que geram contaminantes nas suas operações estão sem dúvida operando de forma errônea, pois a operação de beneficiamento, em qualquer granulometria, não pode e não deve causar prejuízos ao meio ambiente. Por outro lado, pode se referir que a remoção de impurezas de carvões (basicamente argilas e piritas) é possível de ser realizada até os teores comumente aceitos por órgãos ambientais e /ou normas vigentes.

De acordo com Sampaio (2002), em todo esse processo, o maior problema enfrentado é a baixa recuperação mássica que se obtém com alguns carvões, quando se visa adequá-los aos teores exigidos. Esta baixa recuperação mássica está associada principalmente à liberação física do material orgânico dos materiais a serem removidos e não ao tipo de equipamentos ou técnicas utilizadas.

METODOLOGIA

Esses dados são referentes aos ensaios laboratoriais do carvão da região de estudo (camadas inferiores - I1, I2, I3, I4 e I5; camadas superiores - S2, S3, S4, S5, S6, S8, S9 e BL) tais como: curvas dos flutuados, afundados, densimétricas e NGM, assim como, dados das massas retidas nas frações granulométricas -25,4 +2,0 mm e -2,0 +0,1 mm nos oito perfis de sondagem realizados na região de Candiota.

RESULTADOS

Com o objetivo de descrever o processo de recuperação mássica teórica nas camadas de carvão de Candiota, foram elaborados fluxogramas, para todas as camadas nos três cortes de teor de cinzas (35, 42 e 48%) frações -25,4 +2,0 mm e -2,0 +0,1 mm. Depois de uma análise detalhada dos resultados de todos os furos, foram selecionados os melhores resultados.

A partir dos dados das massas retidas, da alimentação, massa dos flutuados e afundados, foram calculados os seus respectivos concentrados e rejeitos, nas duas frações. A fração fina de (-0,1 mm), foi considerada para o descarte.

A seguir são mostradas as figuras 2 e 3 contendo os fluxogramas de recuperação mássica teórica do furo 364, nos cortes 35 e 42% de teor de cinzas respectivamente e nas duas frações -25,4 +2,0 mm e -2,0 +0,1 mm.

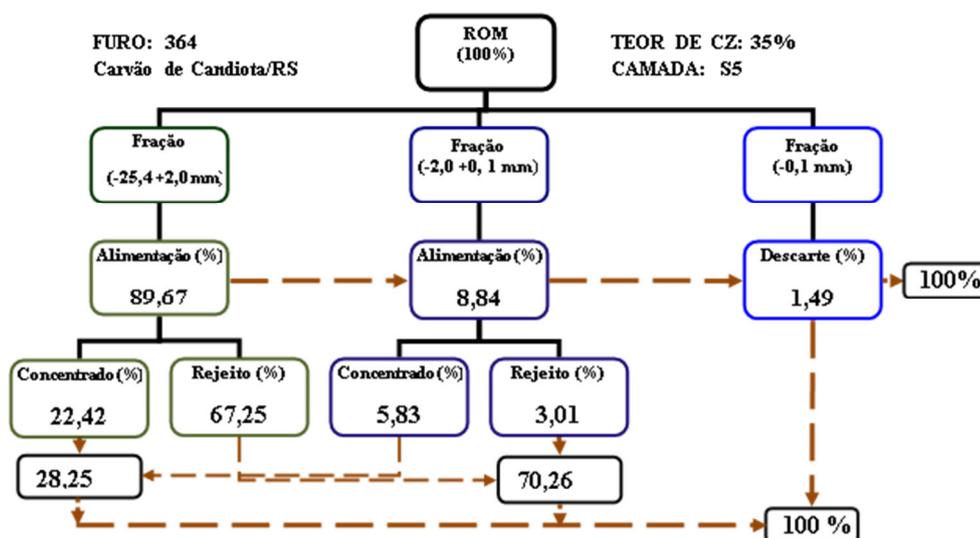


Fig. 2 - Fluxograma da camada superior 5 para corte de 35% de cinzas.

Como se mostra na figura 2 o fluxograma corresponde a camada superior 5, corte de 35% de teor de cinzas, para uma alimentação de 100% de *run-of-mine* (ROM), mineral bruto não beneficiado na fração 25,4 +2,0 mm com uma alimentação de 89,67%, se obteve um concentrado de 22,42% e um rejeito de 67,25%; enquanto que para a fração -2,0 +0,1 mm com uma alimentação de 8,84% o concentrado correspondeu a 5,83% com 3,01% de rejeito. De modo geral, para esta camada nas duas frações se registrou um concentrado de 28,25% contra 70,26% de rejeito, sendo a fração fina de 1,49%, foi descartada. A soma das percentagens dos concentrados, rejeitos e a fração fina devem ser igual a 100%.

A seguir são discutidos os resultado do corte de teor de cinzas de 42% de cinzas, seus fluxogramas se descrevem a continuação: na fração -25,4 +2,0 mm com uma alimentação de 89,67%, se obteve um concentrado de 39,45% e 50,22% de rejeito. Enquanto que para a fração -2,0 +0,1 mm com uma alimentação de 8,84, se obteve um concentrado de 7,43% e 1,41% de rejeito. a fração fina considerada para o descarte corresponde a 1,49%.

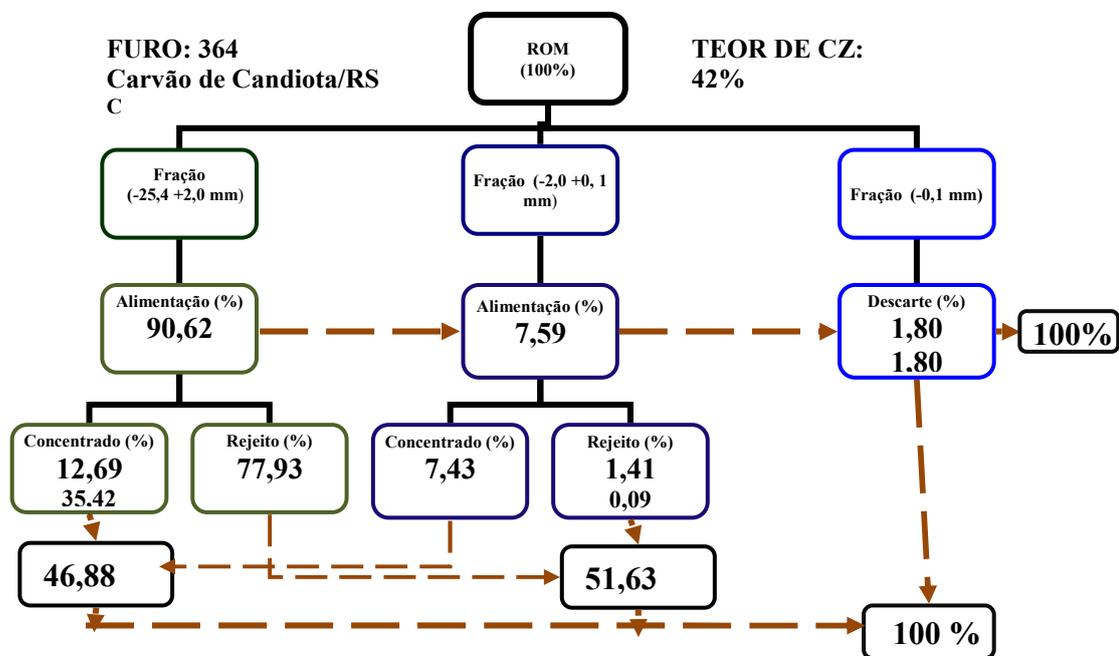


Fig. 3 Fluxograma da camada superior 8 (S8), corte de 42% de cinzas.

A figura 3 faz referência do fluxograma para a camada superior 8, onde se pode observar que, na fração de -25,4 +2,0 mm com uma alimentação de 90,62%, se obteve um concentrado de 12,69%, sendo 77,93% de rejeito. Por outro lado, na fração -2,0 +0,1 mm com alimentação de 7,59%, se registrou um concentrado de 7,43 % com 1,41% de rejeito. A fração - 0,1 mm foi considerada para descarte correspondendo a 1,80%.

CONCLUSÕES

A caracterização geral das camadas para o beneficiamento, tendo se fixado em três cortes de teores de cinzas de 35 e 42% respectivamente de acordo com as especificações mínimas exigidas pelo mercado consumidor, nas frações -25,4 +2,0 mm e -2,0 +0,1 mm, a maior

recuperação mássica teórica corresponde para o corte de 48% de teor de cinzas nas duas frações anteriormente referidas. Porém a menor recuperação mássica teórica corresponde para o corte de 35% de teor de cinzas. No que diz respeito a percentagem do teor de enxofre de todas as camadas nas frações estudadas, não varia consideravelmente, oscilando entre 0,5 a 1,9 sendo a média estimada em 1,4%.

REFERÊNCIAS

- [1]-CEBECI, Y.,ASLAN, N.; 2002; Using float-sink data in simple equations to predict surfur contents.Fuel Processing Tecnology, v. 76; p231- 239.
- [2]-CHEN, J. C., LIU, Z. S., HUANG, J.S.; 2006; Emission characteristics of coal combustion in different O₂/N₂, O₂/CO₂ and O₂/RFG atmosphere. Journal of Hazardous Materials.
- [3]-SAMPAIO, C. H. e. TAVARES, L. M (2005). Beneficiamento gravimétrico: uma introdução aos processos de concentração mineral e reciclagem de materiais por densidade. 1ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, RS-Brasil.
- [4]-SAMPAIO, C.H (2002). Beneficiamento. Cadernos de planejamento e gestão ambiental, 2ed. Fundação estadual de proteção ambiental, FEPAM. N^o2, p 29- 42.
- [5]-DIESEL, C. F.; 1992;Coal -bearing Deposits Systems; Springer-Berlim.
- [6]-E. T. PACHECO.; 2008; Estudo do beneficiamento a seco do carvão da Mina de Candiota/ RS; Tese de Doutorado- Curso de Pós-graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais- UFRGS/RS-Brasil.
- [7]-E. OSÓRIO E A. C.F, VILELA.; 2002; Utilização de carvão na siderurgia. Estudo decaso. Cadernos de planejamento e gestão ambiental, 2da edição. Fundação estadual de proteção ambiental, FEPAM. N^o2, p.149_157.
- [8]-EKAWAN, R, DUCHÊNE, M., GOETZ, D.; 2005; The evolution of hard coal in the Pacific Market. Energy Policy, 34. 1853- 1866.
- [9]-GOMES, A.P.; FERREIRA, J.A.F.; ALBUQUERQUE, L.F.de.;1998; SÜFFERT, T. Carvão fóssil. Estudos avançados v.12, n^o33.
- [10]-T, GUERRA.; 2000; Carvão e Meio Ambiente. Editora da UFRGS. 1^aedição. p18-24.
- [11]-ICCP SYSTEM.; 1994; Methods for the petrographic analysis of bituminous coal and anthracite- Method of determination maceral group composition, N^o3.
- [12]-ICCP SYSTEM.; 1994; The new inertinite classification. International Committee for Coal and Organic Petrology, Disponível em <http://www.sciencedirect.com>. Acessado em Outubro, 2011.

[13]-LOURENZ, U., GRUDZINSKI, Z.; 2003; Hard coal for energetic purposes: price-quality relationships; international coal market observations and Polish practice. *Applied Energy*, 74, 271-279.

[14]-TEICHMÜLLER, M.; 1975; *Stach's textbook of coal petrology*, Stuttgart-Berlin.

[15]-N. RIGOTTI.; 2002; Recuperação de áreas degradadas: Estudo de caso. *Cadernos de planejamento e gestão ambiental*, 2da edição. Fundação estadual de proteção ambiental, FEPAM. N^o2, p 100- 102.

ARTIGO REF: 6535

A IMPORTÂNCIA ESTRATÉGICA DOS DEPÓSITOS LITINÍFEROS DE GONÇALO (GUARDA, PORTUGAL) NO ACTUAL PANORAMA EUROPEU DE PROSPECÇÃO, AVALIAÇÃO, EXTRACÇÃO DE LÍTIO PARA APLICAÇÃO EM TECNOLOGIAS VERDES

Romeu Vieira¹, Ana Maria Antão^{2(*)}, Alexandra Carolino³

¹Instituto de Ciências da Terra, Universidade do Porto, DGAOT, Porto, Portugal

²Instituto Politécnico da Guarda (IPG), Guarda, Portugal

³Geóloga, Portugal

(*)*Email*: anantao@ipg.pt

RESUMO

As crescentes emissões globais de carbono e as constantes situações de poluição nas grandes cidades estão a despertar uma crescente consciencialização ecológica. De acordo com o relatório da Goldman Sachs, o caminho está nas em tecnologias de baixo carbono (TBC). Uma das TBC são os carros híbridos (Hvs) e elétricos (Evs), assim como os complexos de armazenamento energético (grid energy storage). Relativamente à produção de baterias de Li a Europa tem uma capacidade instalada de 1,798 MWh e algumas políticas da EU visam promover a construção de novas instalações de produção e desenvolvimento tecnológico de baterias. As tecnologias desenvolvidas na extração de Li dos minérios, levou à redução dos custos de extração, tratamento e produção, especialmente nos depósitos pegmatíticos. Empresas internacionais vêm em Portugal o potencial para desenvolverem os seus projetos de prospeção e pesquisa. Na Península Ibérica existe uma das maiores cinturas de depósitos de Li da Europa. Estes depósitos são maioritariamente pegmatitos litiníferos, encaixados em metassedimentos ou em granitóides Variscos nas zonas da Galiza-Trás-os-Montes e Centro-Ibérica. O campo pegmatítico de Gonçalo (Guarda) enquadra-se numa zona granítica onde afloram granitos Variscos. Com aumento dos preços do carbonato de lítio (LCE) e hidróxido de lítio, os depósitos pegmatíticos revelam-se agora fontes economicamente rentáveis de Li. Com a otimização dos processos de extração de Li dos depósitos pegmatíticos de lepidolite e zinnwaldite, estes são atualmente uma fonte não tradicional de lítio, com custos de produção equiparáveis aos depósitos pegmatíticos de espodumena. Há necessidade agora de provar a existência de recursos e reservas minerais de acordo com os códigos internacionais, e o interesse destas empresas cotadas em bolsa apresenta-se como uma excelente oportunidade, quer para as empresas nacionais, quer para o país, para atingir esse há muito adiado objetivo.

INTRODUÇÃO

As crescentes emissões globais de carbono e as constantes situações de poluição nas grandes cidades mundiais estão a despertar uma crescente consciencialização ecológica da sociedade. O que na conferência da ONU para o clima (Quioto,1992) pareciam meras medidas políticas, tornaram-se na conferência sobre o clima da ONU em Paris (2015), reais preocupações ambientais a reboque do escândalo da VW e dos efeitos de *smog* na China. De acordo com o relatório da Goldman Sachs [Low carbon Economy, 2015] o caminho deve ser uma aposta em tecnologias de baixo carbono e menos centrado no “aquecimento global”.

Uma das tecnologias de baixo carbono com grande impacto nas tecnologias verdes, é a dos carros híbridos (Hvs) e elétricos (Evs), sem esquecer o potencial dos grandes complexos de armazenamento energético (*grid energy storage*). Pressionados pela consciencialização ambiental, por políticas de economias verdes (*greening economies*), e em consequência dos recentes escândalos de poluição automóvel, os grandes construtores automóveis querem uma fatia deste mercado. O fenómeno Tesla é um bom exemplo disso. A nível europeu a Mercedes, BMW, Renault, Volvo, Audi e VW, apresentam mais de 20 modelos Hvs e Evs. No que diz respeito à produção de baterias de lítio a Europa tem uma capacidade instalada de 1,798 MWh [relatório CEMAC, 2015] e algumas políticas europeias querem promover a construção de novas instalações de produção e desenvolvimento tecnológico. A cadeia de valor associada a este mercado que permite a reciclagem e re-utilização das baterias é também um mercado a ter em consideração no contexto da Europa.

O impulso dado em direção a soluções tecnológicas limpas (*cleantech solutions*) no setor dos transportes, energia e eletrónica, têm potenciado o mercado das baterias de lítio que atualmente se encontra em forte expansão. O recente relatório da BCG [BCG, 2016], estima que o mercado de carros elétricos atinja cerca de 25 bilhões de \$US em 2020, com cerca de 14 milhões de carros elétricos vendidos na China, Japão, Estados Unidos da América e Europa ocidental. Estima-se que perto de 40% do fornecimento total de Lítio seja usado na produção de baterias, nomeadamente para carros elétricos (Evs).

ENQUADRAMENTO

Sendo assim não será surpresa que a procura de lítio para estes equipamentos aumente de um valor de 0,3 milhões em 2015 para 11 milhões em 2025, estimando a Bloomberg New Energy Finance que a venda destes veículos em 2040 atinja os 41 milhões (cerca de 35 % de todos os veículos vendidos). É este mercado o grande impulsionador da procura de lítio no mundo, com taxas de crescimento anual da ordem dos 16 %. O gráfico 1 mostra essa evolução.

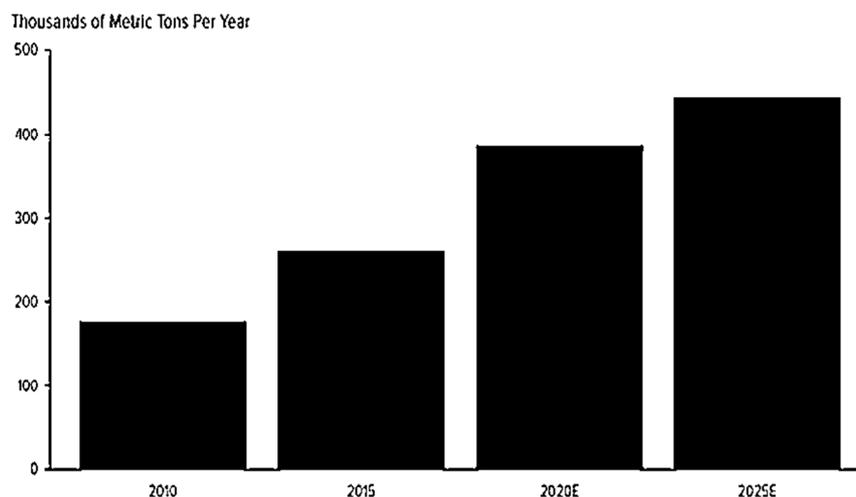


Gráfico 1 - Capacidade de surgimento de novas minas de lítio. Fonte (USGS, Financial Times, U.S. Global Investors, Bernstein)

Foram assim desenvolvidas novas tecnologias, quer no armazenamento, quer na extração de lítio dos minérios que levou à redução dos seus custos de extração, tratamento e produção

especialmente nos depósitos de pegmatitos litiníferos. Após terem assegurado os melhores depósitos pegmatíticos nos seus países, companhias de prospeção e pesquisa (P&P) australianas e canadianas começaram a tentar garantir outros depósitos de pegmatitos litiníferos, sendo a Europa e muito concretamente Portugal uma das suas bases de P&P (Figura 1). Com efeito os últimos dados do USGS e do US Global Investors [USGS, 2017] colocam Portugal como o maior produtor europeu de lítio nos últimos 3 anos (Gráfico 2)

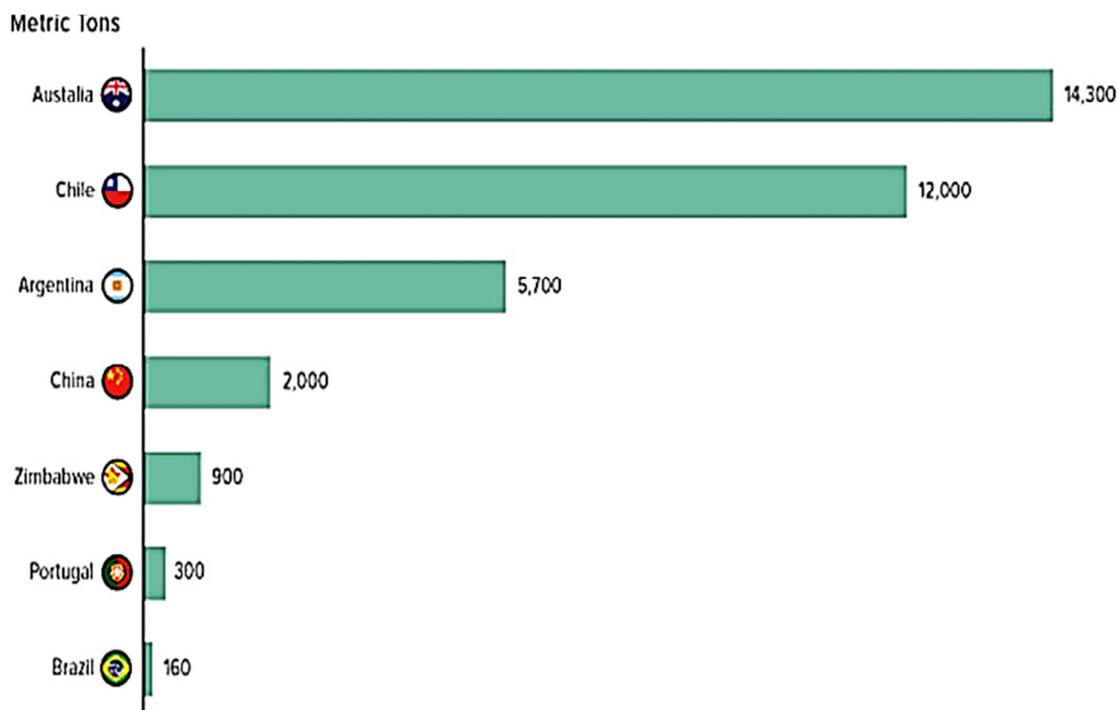


Gráfico 2 - Maiores produtores mundiais de lítio (dados de 2016). Fonte (USGS, U.S. Global Investors)

De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA), a China já lidera o mundo no número de ciclomotores elétricos e frotas de autocarros, esperando-se que até 2020 as suas empresas de automóveis dupliquem a sua capacidade de produção de carros elétricos, estando a sua aquisição isenta de impostos como forma de promover o seu uso entre os cidadãos chineses.

O gráfico 3 alerta-nos para a necessidade de encontrar abastecimento para as várias aplicações possíveis, de lítio, já em curso, mas também nos alerta para as inúmeras aplicações que certamente serão despoletadas pelo avanço tecnológico dos próximos anos.

Este raciocínio foi igualmente válido para outras matérias-primas como por exemplo o níquel, quando este foi disponibilizado no mercado de consumo de matérias primas.

A preocupação energética tem levado a avanços tecnológicos que alguns anos atrás eram impensáveis. Por exemplo a energia elétrica, que era produzida em função dos consumos

imediatos hoje é encarada como possível de ser produzida e armazenada para ser guardada e, portanto, ficar disponível em função das necessidades do momento.

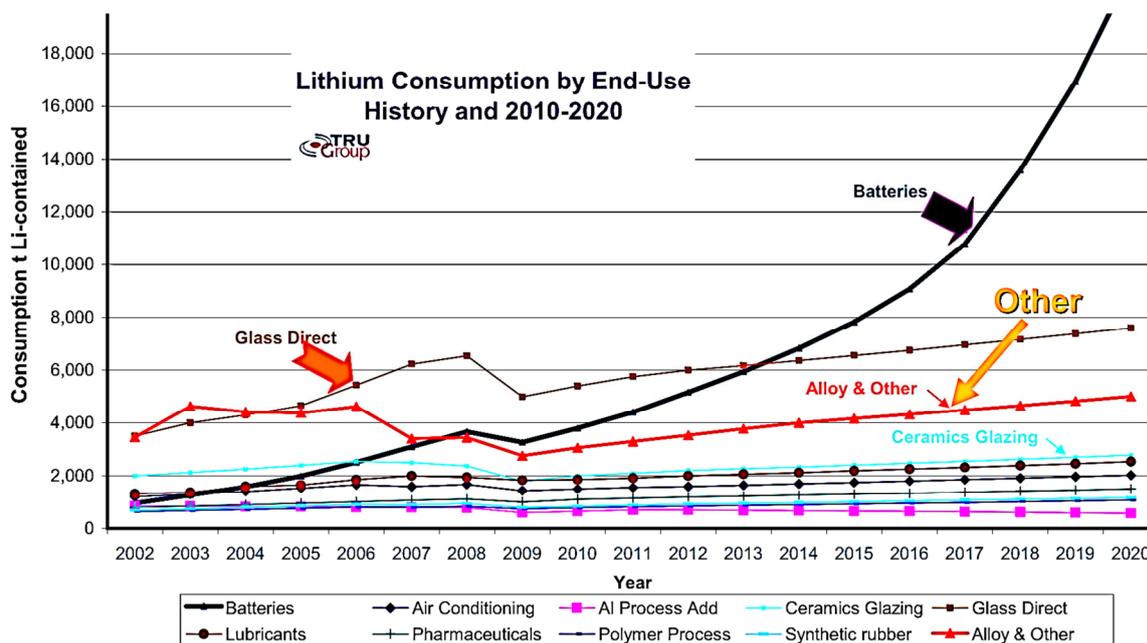


Gráfico 3 - Projeção da utilização de lítio, nos vários setores empresariais, desde 2002 até 2020.

Fonte TRU Group, 2011.

Espera-se que a diversificação das aplicações de lítio seja crescente (Gráfico 4), embora o tradicional abastecimento à indústria cerâmica não seja descorado, ainda que esta, esteja a atravessar um período de crise em consonância com a crise da construção civil a nível nacional e europeu.

O ano de 2016 foi o ano de excelência para o surgimento de inúmeras “jovens empresas” em todo o mundo a par com empresas tradicionais do setor que operam não só partindo de rocha dura, mas também partindo de exploração de lítio das salmouras.

Este ultimo é um mercado tradicionalmente implantado no chamado triangulo sul americano que engloba: o Chile, a Argentina e a Bolívia. A Austrália tem, até ao momento, a maior produção de lítio aliado a patentes estratégicas que têm sido registadas permitindo a diversificação das fontes de lítio.

O LÍTIO EM PORTUGAL

Um acordo recentemente celebrado entre uma empresa australiana e um grupo português tradicionalmente vocacionado para soluções destinadas à indústria cerâmica, patenteia a dinâmica empresarial portuguesa e a sua preocupação na poupança energética. Efetivamente, a presença do pegmatito com lítio permite aproveitar a sua ação fundente, durante a cozedura da pasta cerâmica, diminuindo, assim, a fatura energética nos custos de produção final.

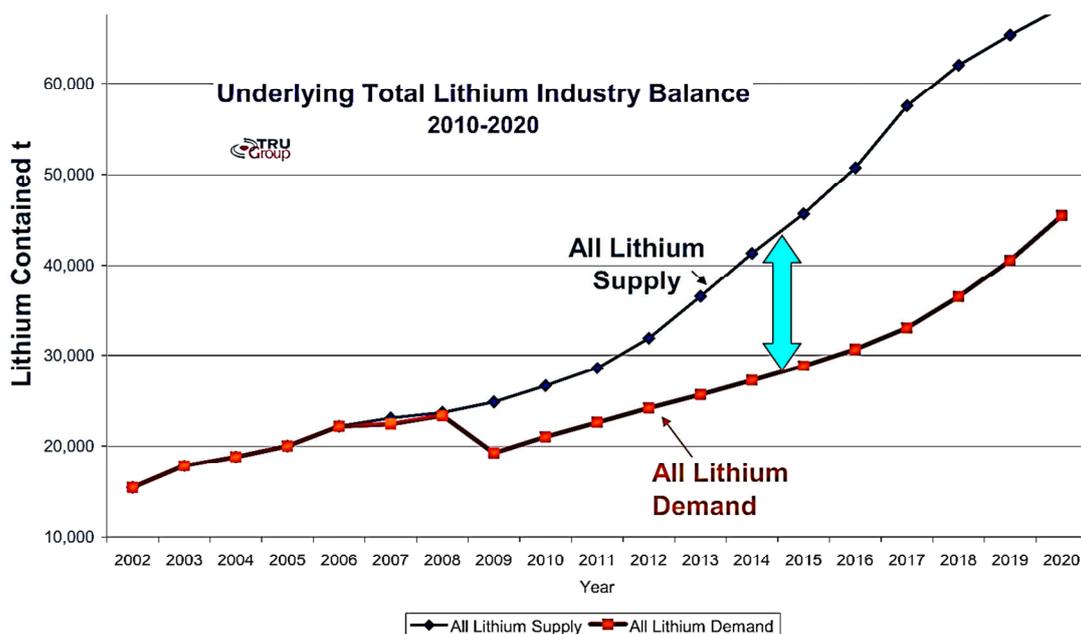


Gráfico 4. Demonstração gráfica entre a procura de lítio e toda a oferta de abastecimento ao mercado, projetada desde o ano de 2002 até 2020 no mundo. Fonte TRU Group, 2011.

O maior grupo empresarial que explora várias minas em Portugal, incluindo minas em que o lítio se encontra em fórmulas químicas e mineralógicas diferentes, não abdica de continuar a abastecer as necessidades da indústria cerâmica. Nas suas instalações faz já uma pré concentração física que atinge cerca de 2.5% Li_2O , destinado, tradicionalmente, ao abastecimento das necessidades da indústria cerâmica não só nacional como, também para a exportação.

Todos os dados até agora recolhidos apontam para um elevado potencial da zona dada a concentração natural da formação geológica e a sua continuidade, permitindo destacar o seu elevado potencial. O acordo, agora alcançado permitirá delimitar e recolher mais informação para a quantificação das potencialidades do jazigo em causa, licenciado pelo estado português com o número MNC 000008, e com uma extensão de cerca de 634 ha à cota variável entre 450m e 850m.

O governo atento às potencialidades existentes no país anunciou no início do passado mês de dezembro a constituição de um grupo de trabalho com a missão de identificar e caracterizar depósitos de lítio e possibilidades de prospeção e aproveitamento, referindo recentemente o Secretário de Estado da Energia que *“O potencial dos recursos geológicos nacionais, como fator de desenvolvimento económico e com uma importância estratégica crescente, determina a adoção de medidas de valorização e promoção dos bens naturais existentes em Portugal, numa ótica de sustentabilidade ambiental e de responsabilidade social”*.

A figura 1 identifica no território português os pedidos de P&P que deram entrada na Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG) no último ano e meio, apenas para minerais de lítio. No seguimento de trabalhos subsequentes, foram identificadas três grandes áreas de prospeção no norte e centro de Portugal rica em pegmatitos litiníferos com petalite/espodumena (ver figura 1): Barroso-Alvão, Serra da Arga e Barca de Alva.

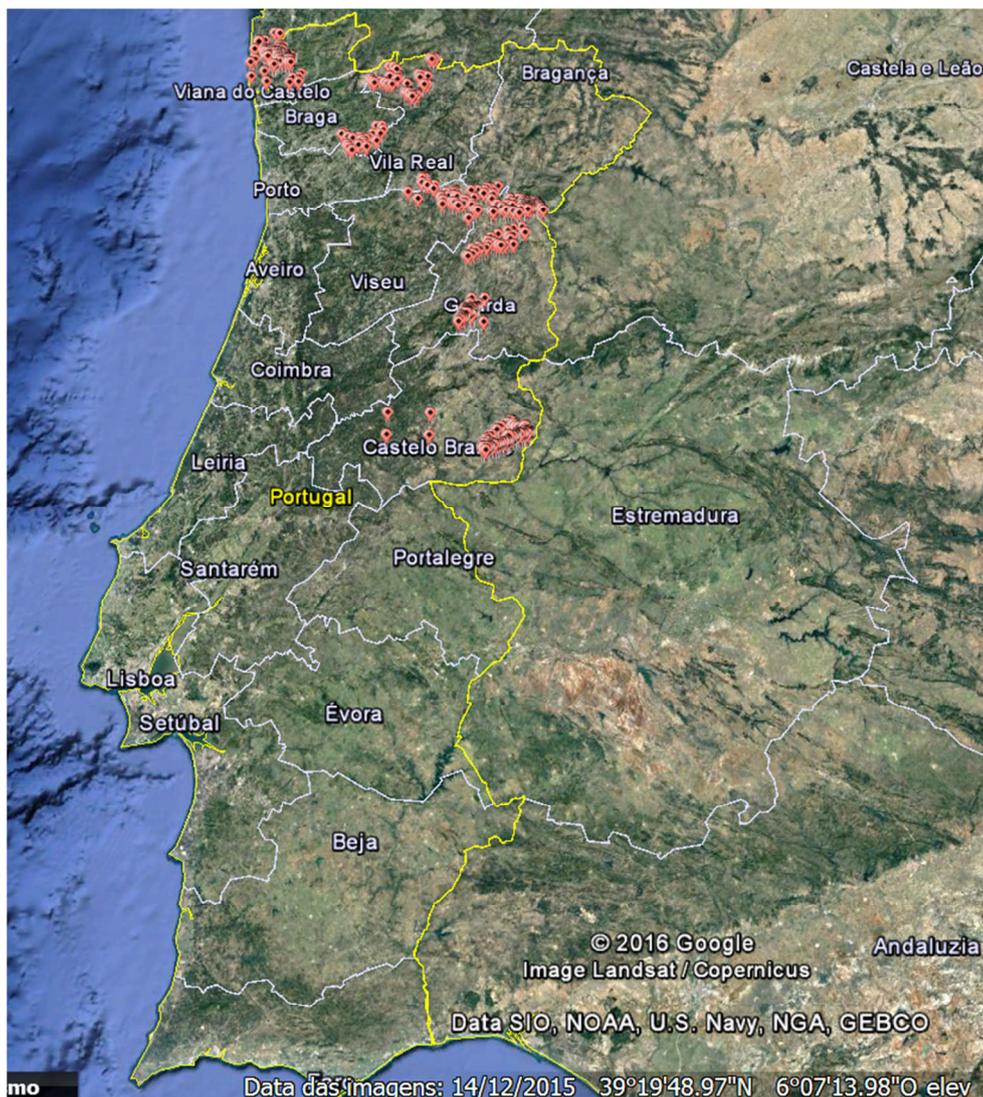


Fig. 1 - Implantação dos limites (📍) dos pedidos de P&P para lítio, requeridas ao Estado Português nos últimos 18 meses. Fonte: Diário da República, 2.ª série, várias datas.

O primeiro destes encontra-se em fase avançada de prospeção (Projeto Sepeda) na zona de Boticas por um consórcio luso-australiano (Lusidakota). Esta identifica como vantagens de Portugal a existência de infra-estruturas de energia e transporte que permitem a entrega diária de matéria-prima e a proximidade da matéria em relação aos espaços de armazenamento, o que reduz o investimento a realizar.

Pelo menos 25 localidades foram identificadas e estudadas no território português, sendo algumas delas alvo de extração mineira nas últimas décadas [Roda-Robles et. al, 2016]. No passado as zonas mineiras de Almendra-Barca de Alva [Almeida, 2003; Gaspar, 1997; Lima et. al, 2003; Ramos et. al, 1978], Argemela [Ferraz et. al, 2010; Noronha, J.L.A, 2010], Barroso-Alvão [Martins et. al, 2007; Lima, 2000; Lima et. al, 2003a], Seixo-Amarelo-Gonçalo [Farinha Ramos, 1998, 2010; R. Vide, 2011; Neves, O. 1983], e da Serra de Arga [Leal Gomes, 1994] deram o seu valioso contributo para o conhecimento da geologia destes depósitos litiníferos em Portugal.

Na Península Ibérica existe uma das maiores cinturas de depósitos de lítio da Europa (Figura 2). Estes depósitos são essencialmente corpos pegmatíticos litiníferos, encaixados quer em

rochas metassedimentares, quer em granitóides Variscos ao longo de uma faixa de direção NNO-SSE nas zonas da Galiza-Trás-os-Montes e Centro-Ibérica.

O PROJETO DE IC&DT E O CAMPO APLITOPEGMATÍTICO DE GONÇALO

Atualmente encontra-se em exploração o campo pegmatítico de Seixo-Amarelo-Gonçalo, o cabeço da Argemela no Fundão, esperando-se para muito breve a entrada em exploração do campo de Boticas-Chaves (Projeto Sepeda).

É neste contexto, de grande atividade mineira, que o Projeto 023720 (AAC/02/SAICT/2016) se enquadra. Trata-se de um projeto de IC&DT, enquadrado no programa Portugal 2020, que pretende dar a conhecer e promover na comunidade local e nacional a mais-valia do campo aplitopegmático existente na zona de Gonçalo-Seixo Amarelo. Sendo o objetivo primário deste projeto, reforçar a investigação nesta área, bem como o desenvolvimento tecnológico e a inovação, tem uma importante componente no uso eficiente, seguro e sustentável dos recursos locais bem como uma vertente de exploração da herança cultural que este tipo de atividade de setor primário pode certamente potenciar em regiões de baixa densidade. Pretende-se assim, aprofundar o conhecimento sobre o campo aplitopegmático da região, promovendo a sua sustentabilidade através de uma gestão eficiente dos seus recursos endógenos sem descurar a componente ambiental, bem como desenvolver produtos, processos e serviços com vista à dinamização das cadeias de valor associadas aos recursos naturais, neste caso o lítio.

As atividades que se propõem realizar no âmbito deste projeto vão desde os levantamentos topográficos e cadastrais, a estudos geológicos/geotécnicos, e a estudos de impacte ambiental onde se propõe fazer a monitorização dos recursos hídricos superficiais bem como da qualidade do ar e solos, suscetíveis de sofrer alterações profundas com a atividade extrativa. As atividades de divulgação/promoção irão potenciar o desenvolvimento de produtos e serviços ligados a este setor, tendo a população local um papel fundamental na sua dinamização e concretização.

O campo pegmatítico de Gonçalo (Guarda) enquadra-se numa zona granítica onde afloram granitos Variscos, peraluminosos do tipo-S. A maioria das soleiras litiníferas ocorrem encaixadas na fácies do granito da Guarda (porfiroide, essencialmente biotítico), assim como alguns corpos instalados em rochas metassedimentares (Figura 2). Os afloramentos das soleiras pegmatíticas surgem numa encosta do maciço granítico da Serra da Estrela, em elevações entre os 450 e os 850m. A maioria das soleiras são sub-horizontais e com possanças <3,5m. Além do quartzo, feldspatos e moscovite, outras fases minerais de Li, Be, Nb, Ta, e Sn também ocorrem. São definidos três tipos de filões (dois de soleiras pegmatíticas e um tipo misto): 1) filões litiníferos, ricos em lepidolite que ocorrem nos níveis estruturais mais elevados; 2) filões estaníferos que afloram em níveis estruturais mais baixos a sudeste da falha NE-SO Vela-Gonçalo; 3) filões mistos que aparecem numa posição intermédia. A intrusão destes corpos pegmatíticos induziu na zona granítica encaixante fenómenos de metassomatismo, com substituição da biotite por zinnwaldite nas zonas de contacto. Os valores médios de Li nas soleiras litiníferas são 5845 ± 592 ppm (N=43), ou seja 1,24% Li₂O [Farinha Ramos, 1998].

Com o aumento da procura, e conseqüente aumento dos preços do lítio, principalmente dos compostos usados no fabrico de baterias de lítio, carbonato de lítio (LCE) e hidróxido de lítio

(LH), os depósitos pegmatíticos revelam-se agora fontes economicamente rentáveis de lítio (Gráfico 5).

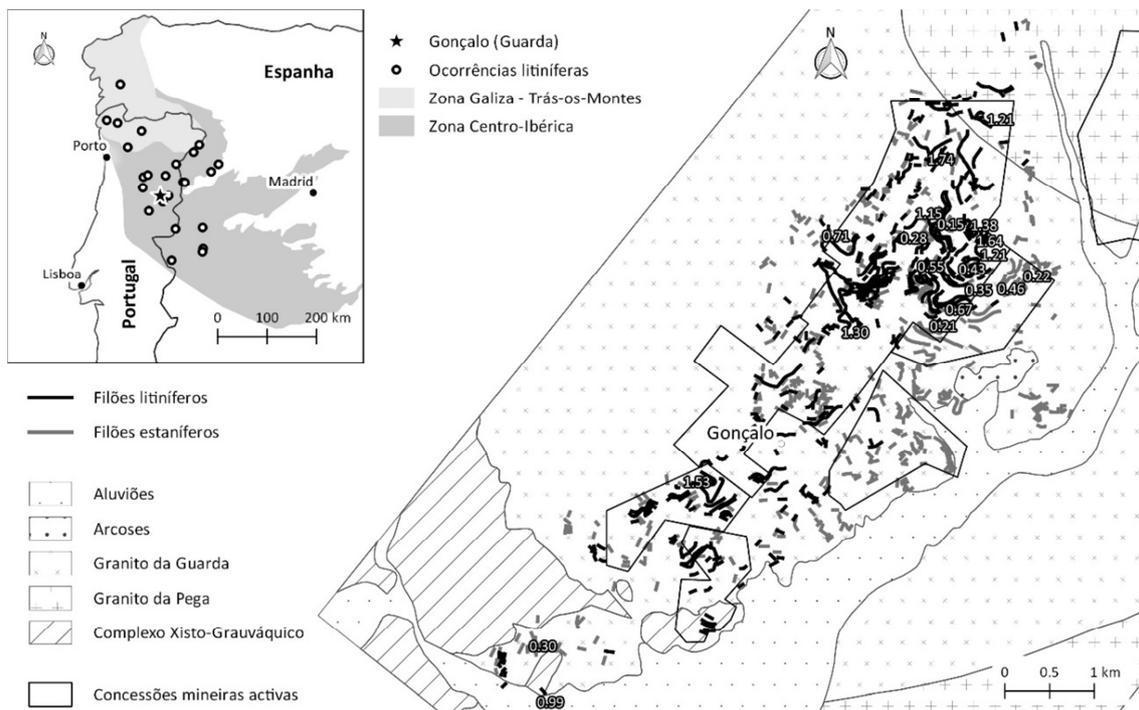


Fig. 2 - Campo pegmatítico de Gonçalo e principais ocorrências litíferas da Península Ibérica. Os valores na figura referem-se a valores de %Li₂O de amostragem de rocha-total [adaptado de Farinha Ramos, 1998; Roda-Robles et al., 2016].

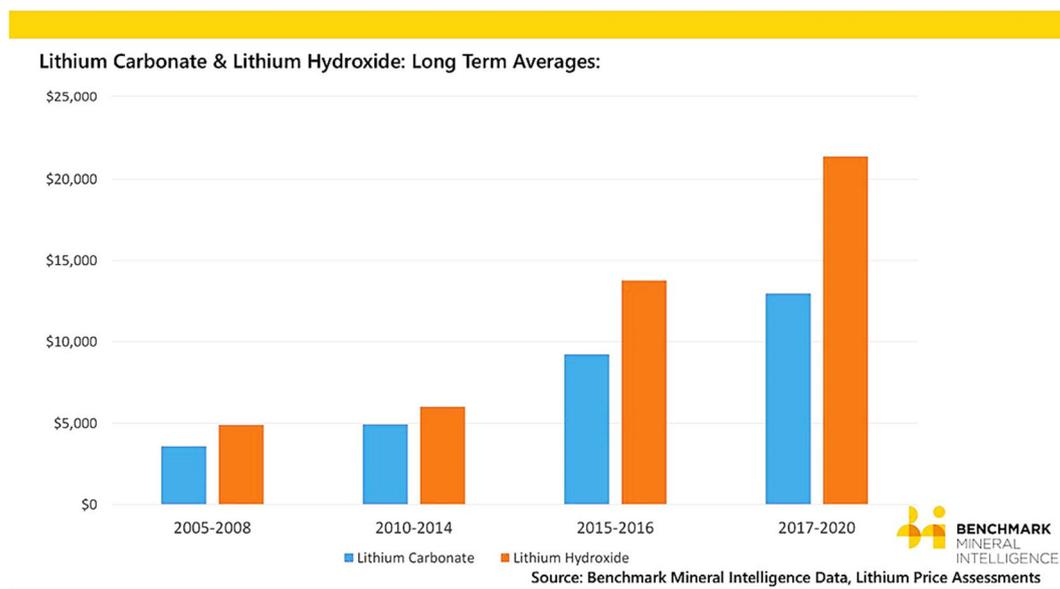


Gráfico 5 - Projeção dos preços de lítio (carbonato de lítio e hidróxido de lítio) para os próximos 3 anos segundo a Benchmark Mineral Intelligence. (Fonte INN, 29 março 2017)

Se historicamente os depósitos de espodumena eram os únicos economicamente competitivos, a otimização dos processos de beneficiação e extração de lítio dos depósitos pegmatíticos de lepidolite e zinnwaldite tornou-se atualmente numa fonte não tradicional de lítio, com custos de produção equiparáveis aos de espodumena.

Assim, o campo pegmatítico de Gonçalo, Guarda apresenta-se como uma fonte estratégica de lítio. Há décadas que a extração destas soleiras litiníferas é realizada por diferentes empresas portuguesas, com diversas concessões mineiras ativas na região (Figura 2). Esta atividade despertou o interesse de várias companhias listadas em bolsas internacionais, reproduzido nos pedidos de P&P submetidos em 2016 (Figura 1).

CONCLUSÕES

O próximo passo, e talvez o mais importante, quer na zona do Gonçalo, quer a nível Ibérico, é a definição de recursos e reservas minerais. Uma das vantagens da região de Gonçalo, relativamente a outros campos pegmatíticos, é o facto de já terem contratos de concessão mineira garantidos. Se tivermos em conta a estimativa de minério litinífero apresentada por Farinha Ramos [1998] de 1,4M de toneladas, e assumindo o teor médio das soleiras litiníferas, estamos na presença de um potencial litinífero de aproximadamente 43.000 toneladas métricas de LCE. A título de exemplo, a Tesla estima a produção de 80.000 Evs em 2017, com uma necessidade estimada de 8000 toneladas métricas de LCE para a produção das baterias de lítio.

Há necessidade agora de provar a existência de recursos e reservas minerais de acordo com os códigos internacionais, e o interesse destas empresas cotadas em bolsa apresenta-se como uma excelente oportunidade, quer para as empresas nacionais, quer para o país, para atingir esse há muito adiado objetivo. Os últimos dados da INN baseados na Mineral Commodity Summaries (USGS, 2017) colocam o Chile, a China, a Argentina e a Austrália como os países com as maiores reservas calculadas de lítio do mundo, estando Portugal em quinto lugar (e primeiro na Europa) com uma previsão de 60000 MT de lítio, que interessam conhecer e explorar.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro concedido pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), o Programa COMPETE (Portugal 2020), o Centro de Geociências da UC e a UDI do Instituto Politécnico da Guarda (Projeto 023720 AAC/02/SAICT/2016 em aprovação).

REFERÊNCIAS

- [1]-Almeida, C.M.P. Estudo do filão aplitopegmatítico da mina da Bajoca, Almendra. Contribuição científico-tecnológica. Tese de Mestrado, Universidade do Porto, 2003.
- [2]-Bloomberg News, Germany Plans \$1.4 Billion in Incentives for Electric Cars, consultado em 02.05.2016 na página <http://www.bloomberg.com/news/articles/2016-04-27/germany-planning-1-4-billion-in-incentives-for-electric-cars>, 2016.
- [3]-CEMAC, Automotive Lithium-ion Battery (LIB) Supply Chain and U.S. Competitiveness Considerations, 25p., disponível em <http://www.nrel.gov/docs/fy16osti/66086.pdf>, 2015.
- [4]-Farinha Ramos J., Aplitopegmatitos com mineralizações de metais raros de Seixo Amarelo - Gonçalo. O recurso geológico. “Ciências geológicas- Ensino e Investigação e sua História”, 2010.
- [5]-Farinha Ramos J., Mineralizações de metais raros de Seixo Amarelo-Gonçalo. Contribuição para o seu conhecimento, Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa, 2 Vol., 659p., 1998.

- [6]-Farinha Ramos, J., Locality No.5, Seixo-Amarelo - Gonçalo rare element aplite-pegmatite field. In: A. Lima & E. Roda-Robles (Eds). Granitic Pegmatites: the state of the art, Field Trip Guidebook, Dep. Geologia da FCUP, Porto, Portugal, Memórias no. 9, pp. 73-87,2007.
- [7]-Ferraz, P., Rodrigues, B.C., Oliveira, A., Farinha Ramos, Resultados da campanha de prospeção do jazigo de Sn-Li de Argemela. VIII Congresso Nacional de Geologia, 4p., 2010.
- [8]-Gaspar, L., Contribuição para o estudo das mineralizações de Sn, W e Li do sector Barca de Alva - Escalhão. Tese de Mestrado, Universidade de Lisboa, 1997.
- [9]-Goldman Sachs, Low carbon Economy. Equity Research, (2015) 53p., disponível em <http://www.goldmansachs.com/our-thinking/pages/new-energy-landscape-folder/report-the-low-carbon-economy/report.pdf>.
- [10]-INN. Investing News Network. www.investingnewsnetwork.com
- [11]-Leal Gomes, C., Estudo estrutural e paragenético de um sistema pegmatóide granítico - o campo aplitopegmatítico de Arga -Minho (Portugal). Tese de Doutoramento, Universidade do Minho, 695 p., 1994.
- [12]-Lima, A., Almeida, C. & Noronha, F., A zonação mineralógica do filão principal da mina da Bajoca no campo aplitopegmatítico de Almendra (Nordeste de Portugal). CD-ROM do Volume Especial do VI Congresso Nacional de Geologia V, 49-51, 2003.
- [13]-Lima, A., Estrutura, Mineralogia e Génese dos Filões Aplitopegmatíticos com Espodumena da Região do Barroso-Alvão (Norte de Portugal). Tese de Doutoramento. Universidade do Porto, Portugal and INPL, Nancy, France. 270pp, 2010.
- [14]-Lima, A., Vieira, R. C., Martins, T. C., Farinha, J. A., Noronha, F. M. P., Charoy, B., Os filões aplitopegmatíticos litiníferos da região Barroso-Alvão (Norte de Portugal). Memórias e Notícias, nº2 (Nova Série), pp. 173-194. Publ. do Dep. Ciências da Terra e do Museu Mineralógico e Geológico, Universidade de Coimbra, 2003a.
- [15]-Martins, T., Lima, A. and Noronha, F., Locality No. 1 - An overview of the Barroso-Alvão Aplite-Pegmatite Field. Memórias Nº 9 - Granitic Pegmatites: The State of the Art - Field Trip Guidebook. Edited by Alexandre Lima e Encarnación Roda Robles. Porto, 2007
- [16]-Martins, T., Multidisciplinary study of pegmatites and associated Li and Sn-Nb-Ta mineralisation from the Barroso-Alvão region. Tese de Doutoramento, Universidade do Porto. <http://hdl.handle.net/10216/83857>, 2009.
- [17]-Neves, O., Caracterização químico-estrutural e petrográfica das micas litiníferas da mina do castanho nº 1 (Gonçalo-Guarda). Tese de Mestrado, Universidade de Aveiro, 1993.
- [18]-Noronha, J.L.A., Viabilidade técnica da valorização de um minério de amblygonite da Argemela através de flutuação por espumas. Tese de Mestrado, Universidade do Porto, 2010.
- [19]-Roda-Robles, E., Pesquera, A., Gil-Crespo, P., Vieira, R., Lima, A., Garate-Olave, I., Martins, T. & Torres-Ruiz, J., Geology and Mineralogy of the Li-mineralizations in the Central Iberian Zone (Spain and Portugal), Mineral. Mag., 80/1 (2016) 103-126.
- [20]-TRU Group, Inc., Shocking Future Battering the Lithium Industry through 2020, 2011.
- USGS, Mineral commodity summaries, 202 p. <https://doi.org/10.3133/70180197>, 2017.
- [21]-Vide, R., Mina de Alvarrões. Concessão de exploração do depósito de Feldspato, Quartzo e Lítio C-8. Visita integrada no MiniFórum CYTED/IBEROEKA, 2011.

ARTIGO REF: 6648

CARACTERIZAÇÃO DA INSTABILIZAÇÃO DE UM TALUDE DE ESCAVAÇÃO NA CIDADE DA GUARDA (PORTUGAL)

Ana Maria Antão^(*)

Instituto Politécnico da Guarda (IPG), Guarda, Portugal

^(*)Email: anantao@ipg.pt

RESUMO

A construção de vias de comunicação em zonas montanhosas potencia muitas vezes a instabilização dos taludes de escavação efetuados para a sua implantação. A interrupção do tráfego daí decorrente é geralmente considerada numa análise de risco como um risco indireto, sendo este igual ao produto da perigosidade (probabilidade de ocorrência do evento num dado período de tempo) pelas perdas potenciais. [Remondo *et. al.*, 2008] consideram que no caso de uma via rodoviária, estas perdas serão quantificadas através do fluxo anual de veículos e de pessoas, da duração média das interrupções da via, do nº de horas de trabalho perdidas, do custo médio das horas de trabalho, e dos custos dos transportes alternativos. Estudos realizados por estes autores no norte de Espanha concluíram que cerca de 34,5 % dos riscos totais de movimentos de massas estão afetos a riscos indiretos do tipo dos acima mencionados.

As medidas de mitigação/minoração dessa instabilidade passam por várias etapas tais como a caracterização do talude e do maciço rochoso até à identificação do tipo e zonamento da alteração ao longo da frente do talude. A grande maioria dos estudos de instabilidade de taludes de escavação são feitos de modo a caracterizar o tipo de instabilidade [Tabela 1] e depois minorar o seu efeito, através de alterações à geometria inicialmente proposta, ou de estruturas de suporte colocadas *à posteriori* da sua construção.

Tabela 1 - Escala de velocidades dos movimentos de massa segundo Cruden e Varnes [1996].

Classe	Descrição	Velocidade típica
1	Extremamente rápida	
2	Muito rápida	5 m /seg.
3	Rápida	3 m /min 1,8 m /h
4	Moderada	13 m /mês
5	Lenta	1,6 m /ano
6	Muito lenta	16 mm /ano
7	Extremamente lenta	< 16 mm/ano

Após a quantificação dos parâmetros geométricos do talude, foi efetuada a sua caracterização em dois troços distintos - o troço Este (troço AB) e o troço Oeste (troço CD) (figura 1), tendo sido também determinadas as características hidrológicas e meteorológicas do local. Neste estudo foi aplicado um programa de análise de estabilidade de taludes (Rocfall 4.0 da Rocscience®) que permitiu definir as trajetórias de queda de blocos em função das características do talude e dos parâmetros geotécnicos dos materiais envolvidos, tendo-se também feito a avaliação da ação de uma cobertura arbustiva como medida minimizadora do impacto resultante da queda dos blocos.

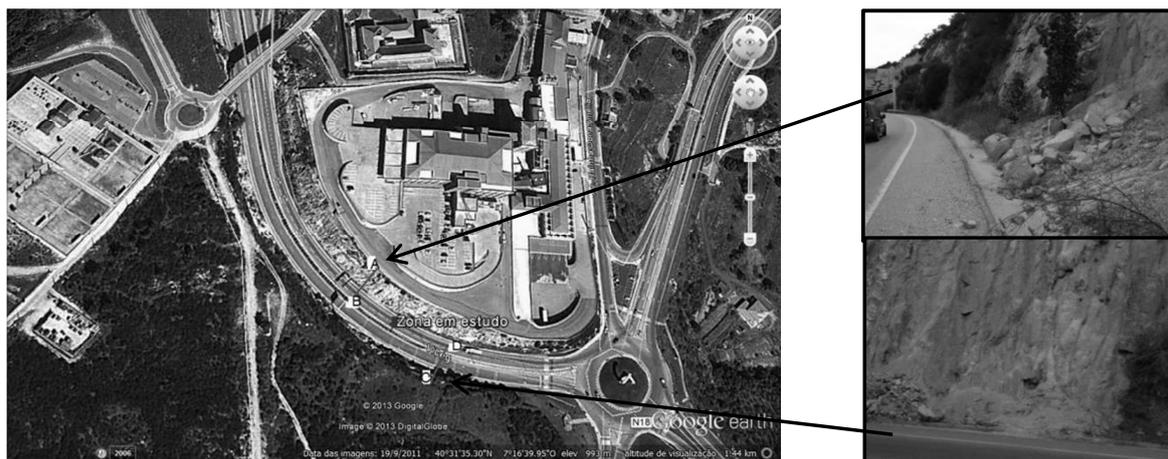


Fig. 1 - Localização dos taludes em estudo.

O talude localiza-se num maciço rochoso granítico de idade hercínica [Antão, 2011] que apresenta uma morfologia de caos de blocos e “tors” típica da alteração dos granitos em zonas frias de montanha. Esta alteração é traduzida essencialmente em fenómenos de origem física [Antão e Rodrigues, 2000; Antão, 2012], conduzindo assim à desagregação do material rochoso e sua transformação num solo residual saprolítico. A Tabela 2 apresenta algumas propriedades físicas do granito em função do seu grau de alteração.

Tabela 2 - Propriedades físicas do granito em função do grau de alteração (valores médios).

Grau de Alteração	G	n (%)	Wmáx. (%)	γ_d (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)
W1	2,64	0,80	0,30	25,7	25,8
W2	2,67	1,91	0,74	25,7	25,9
W3	2,65	5,67	2,27	24,5	25,1
W4	2,61	10,0	4,29	23,0	23,9

O programa RocFall ® possibilitou a análise da queda de blocos utilizando várias hipóteses probabilísticas, permitindo através de modelos de simulação estimar várias trajetórias de queda. Foram considerados neste estudo a análise de trajetórias aleatórias de 50 blocos rochosos ao longo dos dois taludes (figura 1), tendo esta sido feita em função da orientação e inclinação da face do talude, do tamanho e forma dos blocos instabilizados, do ângulo sobre o qual os blocos se movimentam, do estado de alteração do maciço rochoso e da absorção do impacto da queda dos blocos pela vegetação. O programa forneceu também informações que auxiliaram na escolha das melhores medidas de mitigação ou remediação a utilizar.

REFERÊNCIAS

- [1]-Antão, A.M. Caracterização físico mecânica dos vários graus de alteração do granito da Guarda. Revista Egiteana Scientia, nº9, (2011), pp.101-125.
- [2]-Antão, A.M. Implicações da alteração no comportamento geotécnico de materiais graníticos. Ata do VI Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia, (2012), pp.67-68, IST, Lisboa.
- [3]-Antão, A.M. and Rodrigues, C. M. Avaliação da influência da porosidade e granulometria na alterabilidade de granitos da Guarda. Atas do VII Congresso Nacional de Geotecnia, Vol.1, (2000), pp. 3-10. Porto.
- [4]-Remondo, R., Banachea, J. & Cendrero, A. Quantitative Landslide risk assessment and mapping on the basis of recent occurrences. Geomorphology, 94, (2008), pp.496-507.

ARTIGO REF: 6673

ZONOGRAFIA GEOFÍSICA DO SEDIMENTO DE FUNDO (LAMA) DOS TANQUES DE SALINAS DE AVEIRO TENDO EM VISTA A AVALIAÇÃO DO RECURSO PARA APLICAÇÕES EM LAMATERAPIA E PELOTERAPIA

Jorge Hamilton Gomes^(*), Fernando Ernesto Almeida, Celso Figueiredo Gomes, João Baptista Silva

Universidade de Aveiro, Depart. Geociências (GeoBioTec) - Aveiro, Portugal

^(*)*Email: jhagomes@gmail.com*

RESUMO

As salinas de Aveiro estão relativamente afastadas do mar (distam cerca de 7Km do Oceano Atlântico) e situam-se em ambiente estuarino. As salinas da Troncalhada e de Santiago da Fonte são constituídas por uma sequência de tanques onde, no período de verão, da água do mar, por evaporação natural, se produz o sal que precipita no último tanque (cristalizador).

Os tanques posicionam-se por ordem de salinidade da água, na sequência seguinte: viveiro, algibé, caldeiro, sobre cabeceira, talho, cabeceira, pré-cristalizador e cristalizador (*in* Gomes, J.H., 2015). No cristalizador precipita, principalmente, o cloreto de sódio durante a época do ano em que a salina está activa, sendo o sal recolhido manualmente pelos marnotos. Os tanques são recintos confinados cuja base é constituída por lama de cor preto-cinzentos que incorpora lenticulas ricas em argila e outras onde silte, areia e bioclastos são dominantes; matéria orgânica (alguma figurada) e gás (H₂S, entre outros) são componentes normais da lama.

Em muitos países as lamas das salinas são utilizadas para fins terapêuticos e cosméticos. Do facto surgiu o projeto de avaliar as potencialidades das lamas das salinas de Aveiro para as ditas aplicações.

Os estudos já realizados contemplaram uma primeira fase na qual se procurou avaliar a volumetria disponível do recurso. Para o efeito foi desenvolvido um método baseado na medição e variação dos valores da resistividade eléctrica determinados em “carotes” obtidas pela cravação de tubos de PVC testemunhos da sequência sedimentar dos tanques pré-cristalizador e cristalizador das salinas de Santiago da Fonte, em Aveiro, antes, durante e após a safra. O método referido permitiu fazer uma estimativa da espessura do sedimento fino aparentemente mais rico em argila e, por conseguinte, fazer uma estimativa do volume da lama potencialmente utilizável em terapias de lama (“mud therapy”).

Seguiu-se uma segunda fase na qual se procedeu à caracterização mineralógica, geoquímica e microbiológica da lama e, ainda, uma terceira fase na qual se procedeu ao desenvolvimento de formulações contendo lama das salinas de Santiago da Fonte para aplicações dermatoterapêuticas e dermocosméticas.

As medidas foram obtidas com um resistímetro da marca Atlas Copco, modelo ABEM, SAS 300B e, para o efeito, introduziu-se corrente eléctrica nos topos dos tubos, em I (Fig.1). Em seguida, variando a posição dos eléctrodos de potencial M e N emparelhados (Figura 1) ao longo dos tubos, do topo para a base, foi medida a distribuição da resistividade em função da profundidade e obtiveram-se os gráficos de resistividade relativos a cada “carote” identificada por determinado número de amostra (Figura2).

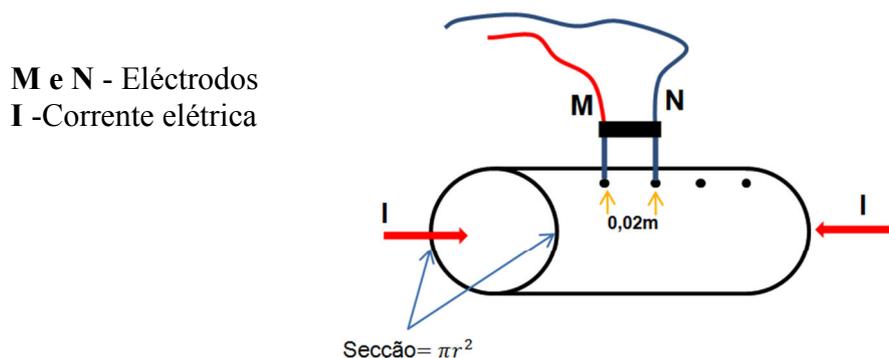


Fig. 1 - Esquema adotado para a aquisição de dados da resistividade eléctrica

Os valores de resistividade eléctrica medidos no sedimento de fundo de pré-cristalizadores e cristalizadores evidenciaram a ocorrência de trocas iónicas entre as salmouras, os geomateriais e as águas de Inverno até uma profundidade aproximada de 12cm e permitiram identificar nos cristalizadores a profundidade média a que os drenos estão colocados e, conseqüentemente, a profundidade máxima de escavação tendo em vista a recuperação da lama.

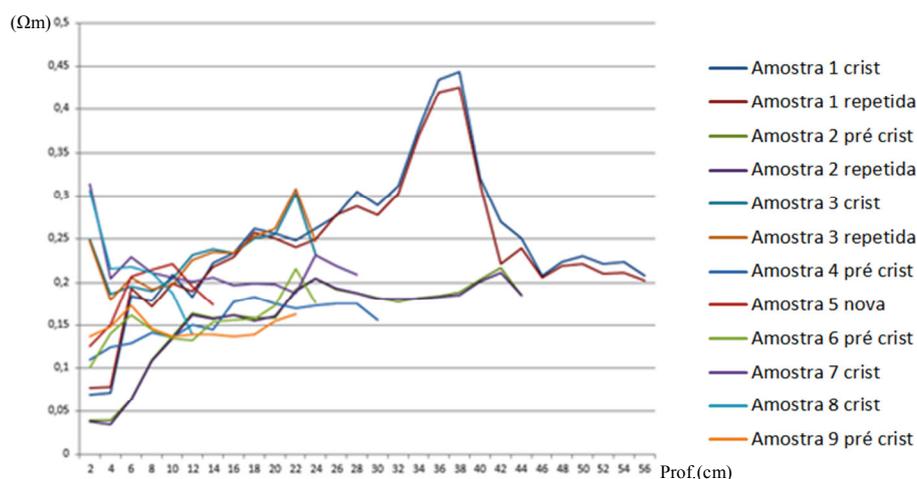


Fig. 2 - Gráfico mostrando os perfis da relação resistividade/profundidade avaliados em todas as amostras (carotes) colhidas.

REFERÊNCIAS

[1]-Gomes, J.H. (2015) - Propriedades de lamas de salinas de Aveiro, tendo em vista aplicações dermatoterapêuticas e dermocosméticas, tese de doutoramento, Universidade de Aveiro e Universidade do Porto; 209pp.

ARTIGO REF: 6674

LEVANTAMENTO, MODELAÇÃO E DIAGNÓSTICO DE RUTURAS NOS TÚNEIS LÁVICOS DAS GRUTAS DE S. VICENTE NA ILHA DA MADEIRA

Jorge Hamilton Gomes^(*), João Baptista Silva, Fernando Ernesto Almeida, Celso Figueiredo Gomes

Universidade de Aveiro, Depart. Geociências (GeoBioTec) - Aveiro, Portugal

^(*)Email: jhagomes@gmail.com

RESUMO

As Grutas de S. Vicente, na ilha da Madeira, são constituídas por diversos túneis lávicos. Após a realização de obras de adaptação e beneficiação que consistiram, essencialmente, na abertura de pequenas “valas” na soleira dos túneis e ainda na abertura e construção de várias passagens artificiais, tendo por objectivo estabelecer ligações entre túneis lávicos para a construção de um percurso pedonal de cerca de 700 metros de comprimento, desde a entrada até à saída. As Grutas foram abertas ao público a 1 de Outubro de 1996 e são visitadas anualmente por mais de 100.000 pessoas.

Recentemente foram realizados trabalhos recentes de base que compreenderam: o levantamento topográfico da poligonal de apoio; o levantamento tridimensional por sistema de varrimento laser; a caracterização e diagnóstico dos parâmetros geológicos e geotécnicos gerais e de pormenor; a definição de um zonamento ao longo do percurso pedonal; a obtenção de registos fotográficos; e a delimitação de subzonas com base na avaliação do grau de perigosidade. Procurou-se ainda apresentar modelos demonstrando a ocorrência das ruturas identificadas na coroa e hasteais das secções dos tubos. Para o efeito, foi tida em conta uma sequência temporal compreendendo três episódios: o primeiro diz respeito à génese dos túneis lávicos numa perspectiva geológica; o segundo considera a sobreposição de material fluido/incoerente do tipo lávico ou piroclástico sobre o túnel lávico primário e permitiu analisar a interdependência da espessura do tecto subjacente e a espessura do material mais recente (Calvari & Pinkerton, 1999); o terceiro episódio corresponde ao estado actual caracterizado pelo campo de tensões que solicitam a cavidade subterrânea e permitiu a modelação geomecânica, objeto desta comunicação. A análise do estado actual das subzonas foi efectuada recorrendo à implementação do programa Examine 2D (programa desenvolvido pela Rock Science ferramenta bidimensional desenvolvida para escavações subterrâneas) (Figura 2)

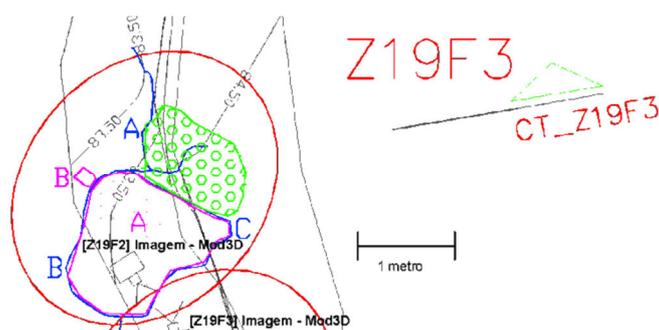


Fig.1 - Delimitação das Subzonas Z19F3

A ocorrência de vários colapsos do teto dos túneis lávicos é expressa pela existência de várias bolas de lava, blocos aprisionados e, em particular na subzona Z17A a cascata de lava, a grande volumetria, o abaixamento repentino do teto, tubos intersetados e desnivelados etc.

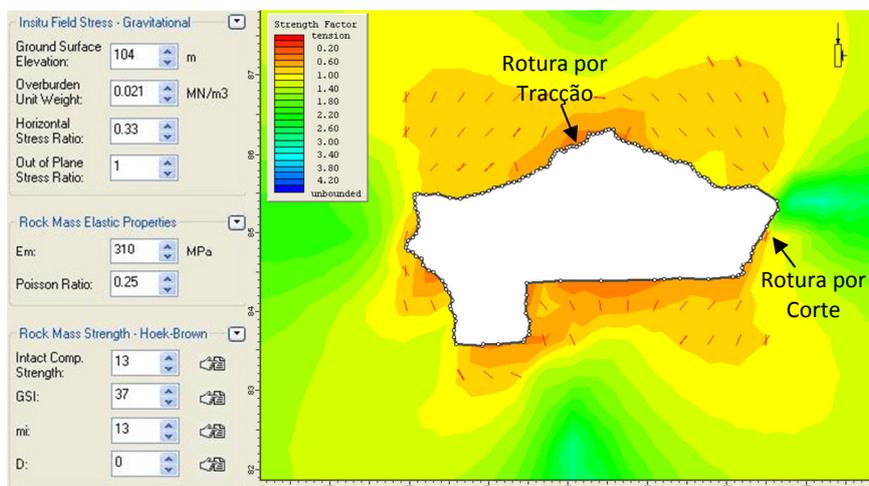


Fig. 2 - Modelação com o *Examine 2D* - Modelo 2D da Subzona Z19F3 (com escavação) material piroclástico na envolvente da escavação

Um modelo é uma aproximação da realidade, quanto mais refinado for mais se aproximará da realidade; não obstante nunca a representará exactamente. Quando a informação é escassa o modelo pode afastar-se da realidade mas, não invalida que não se possa utilizar.

REFERÊNCIAS

[1]-Calvari, S. & Pinkerton, H. (1999) - Lava tube morphology on Etna and evidence for lava flow emplacement mechanisms. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Volume 90, Issues 3-4, 263-280 pp.

ARTIGO REF: 6695

CARACTERIZAÇÃO DE GESSOS PORTUGUESES COMO MATÉRIA PRIMA PARA DERMOCOSMÉTICOS

F. Rocha^{1(*)}, A. Fortes², C. S. Costa¹, D. Santos³, M. H. Amaral³, D. Terroso¹

¹Universidade de Aveiro, Departamento de Geociências, UI Geobiotec, Aveiro, Portugal

²Universidade Pedagógica de Moçambique, Departamento de Ciências da Terra, Beira, Moçambique

³Universidade do Porto, Faculdade de Farmácia, Laboratório de Tecnologia Farmacêutica, Departamento de Ciências do Medicamento, Porto, Portugal

(*)Email: tavaresrocha@ua.pt

RESUMO

O presente trabalho tem como principal objetivo a análise das potencialidades de gessos portugueses como matéria-prima para a elaboração de formulações aplicáveis em dermocosmética.

Para tal efectuou-se um estudo preliminar comparativo dos gessos explorados pela empresa cimenteira CIMPOR em Loulé, Óbidos e Soure (Figura 1), através de ensaios de caracterização química, mineralógica, física e tecnológica, com particular ênfase nos recomendados para a avaliação dos graus de qualidade para aplicação em produtos dermocosméticos.



Fig. 1 - Depósitos de gesso em Portugal (adaptado de Moura & Velho, 2011).

Os depósitos estudados correspondem a afloramentos, de pequenas dimensões, em áreas de anticlinais diapíricos. Em regra, apresentam gipsites de cores brancas, geralmente de maior qualidade para as aplicações tradicionais (como o cimento) a pardacentas (por vezes escuras), o que condiciona as suas atuais aplicações, em cimentos e argamassas.

Realizaram-se diversas análises e ensaios (recomendados por Velho, 2005), nomeadamente, Granulométricos (crivagem por via húmida), Mineralógicos, qualitativos e quantitativos (por Difração de Raios X), Químicos, elementos maiores e menores (por Espectrometria de

Fluorescência de Raios X), Abrasividade, Plasticidade (limites de consistência), Análise Texturométrica (Adesividade e Firmeza), Absorção de Óleo de Linhaça e Tempos de Arrefecimento. Todos os ensaios foram realizados de acordo com as normas vigentes no Departamento de Geociências e, no Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade de Aveiro e na Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto.

Os resultados obtidos foram objeto de tratamento estatístico, com recurso ao software SPSS Statistic 24.

De acordo com os resultados obtidos, concluiu-se que o gesso de Óbidos apresenta maior pureza, tanto do ponto de vista mineralógico como químico, assim como maior teor em finos (<63 μm), enquanto que os gessos de Loulé e Soure apresentam Quartzo como principal impureza mineralógica.

Os gessos estudados apresentam, em geral, boas características para aplicação em dermocosmética, nomeadamente no que se refere a propriedades tais como Absorção, Plasticidade, Adesividade, Firmeza e Abrasividade. Esta última apresenta, contudo, algumas limitações, nos casos de Loulé e Soure, com valores algo elevados (devido aos teores de Quartzo), o que condiciona a sua aplicação em produtos que suportem, ou até beneficiem, dessa maior abrasividade.



Fig. 2 - Exploração de Gesso em Soure (Portugal).

REFERÊNCIAS

- [1]-Moura, A. & Velho, J.L., Recursos geológicos de Portugal. Palimage edições, Coimbra, 2011.
- [2]-Velho, J.L., Mineralogia industrial: Princípios e aplicações. Lindel - Edições técnicas, Lda, Lisboa, 2005.

ARTIGO REF: 6707

CARACTERIZAÇÃO DAS ARGILAS DE CAFUMPE (MOÇAMBIQUE) COMO MATÉRIA-PRIMA PARA CERÂMICA

C. S. Costa^{1(*)}, O. Rupias², F. Rocha¹, D. Terroso¹

¹Universidade de Aveiro, Departamento de Geociências, UI Geobiotec, Aveiro, Portugal

²Universidade Pedagógica de Moçambique, Departamento de Ciências da Terra, Beira, Moçambique

(*)*Email*: cristianacosta@ua.pt

RESUMO

O presente trabalho tem como principal objetivo a análise das potencialidades das argilas de Cafumpe (distrito de Gondola, província de Manica, Moçambique) como matéria-prima para a fabricação de produtos cerâmicos. A caracterização das matérias-primas argilosas da região de Cafumpe constitui matéria de interesse para a geologia nacional, quer do ponto de vista científico quer aplicado às indústrias cerâmicas e afins. Para tal, foram seleccionados e amostrados diversos níveis argilosos no referido depósito, assegurando adequada representatividade da variabilidade vertical e lateral do mesmo.

A área em estudo (Figura 1) é abrangida pela folha número 1932/1933 da carta Geológica de Moçambique, na escala 1:250000, elaborada pelo GTK Consortium (2004) e publicada pela Direção Nacional de Geologia de Moçambique. Faz parte do Grupo de Chimoio, Complexo de Bárue. As Argilas de Cafumpe constituem um depósito de natureza residual, resultante da alteração de Gnaisses félsicos biotíticos e de Metagranitos (Gnaiss do Monte Chissui), de idade Mesoproterozóico (Vasconcelos, 2014).

Realizaram-se diversas análises e ensaios (conforme Gomes, 2002), nomeadamente, Granulométricos (crivagem por via húmida), Mineralógicos, qualitativos e quantitativos (por Difração de Raios X em pós e em agregados orientados), Químicos, elementos maiores e menores (por Espectrometria de Fluorescência de Raios X), Abrasividade, Plasticidade (limites de consistência), Expansibilidade, Superfície Específica, Capacidade de Troca Catiónica (e os respectivos catiões de troca) e Ensaio Térmico (ATD e DTG). Todos os ensaios foram realizados de acordo com as normas vigentes no Departamento de Geociências e no Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade de Aveiro.

Os resultados obtidos foram objeto de tratamento estatístico, com recurso ao software SPSS Statistic 24, através da Análise de Componentes Principais.

Os resultados revelaram que as argilas estudadas são muito plásticas, apesar de apresentarem apreciáveis quantidades de Quartzo, sendo a associação mineralógica argilosa constituída predominantemente por Caulinite, acompanhada por Illite e alguma, em regra muito discreta, Esmectite, referindo-se que, como minerais acessórios, ocorrem óxidos e hidróxidos de Ferro (Goethite, Hematite, Magnetite-Maghemite). Constata-se uma quase total ausência de Feldspatos, o que indicia um elevado estado de alteração por caulinitização.

Os resultados da análise química evidenciaram a forte presença de Sílica, Alumínio e Ferro, com valores elevados dos Índices de Meteorização (CIA).

Como conclusão constatou-se que estas argilas podem ser consideradas como excelente matéria-prima para a produção de tijolos cerâmicos; porém para a produção de telha (e de pavimento cerâmico) careceriam de uma prévia classificação e beneficiação.

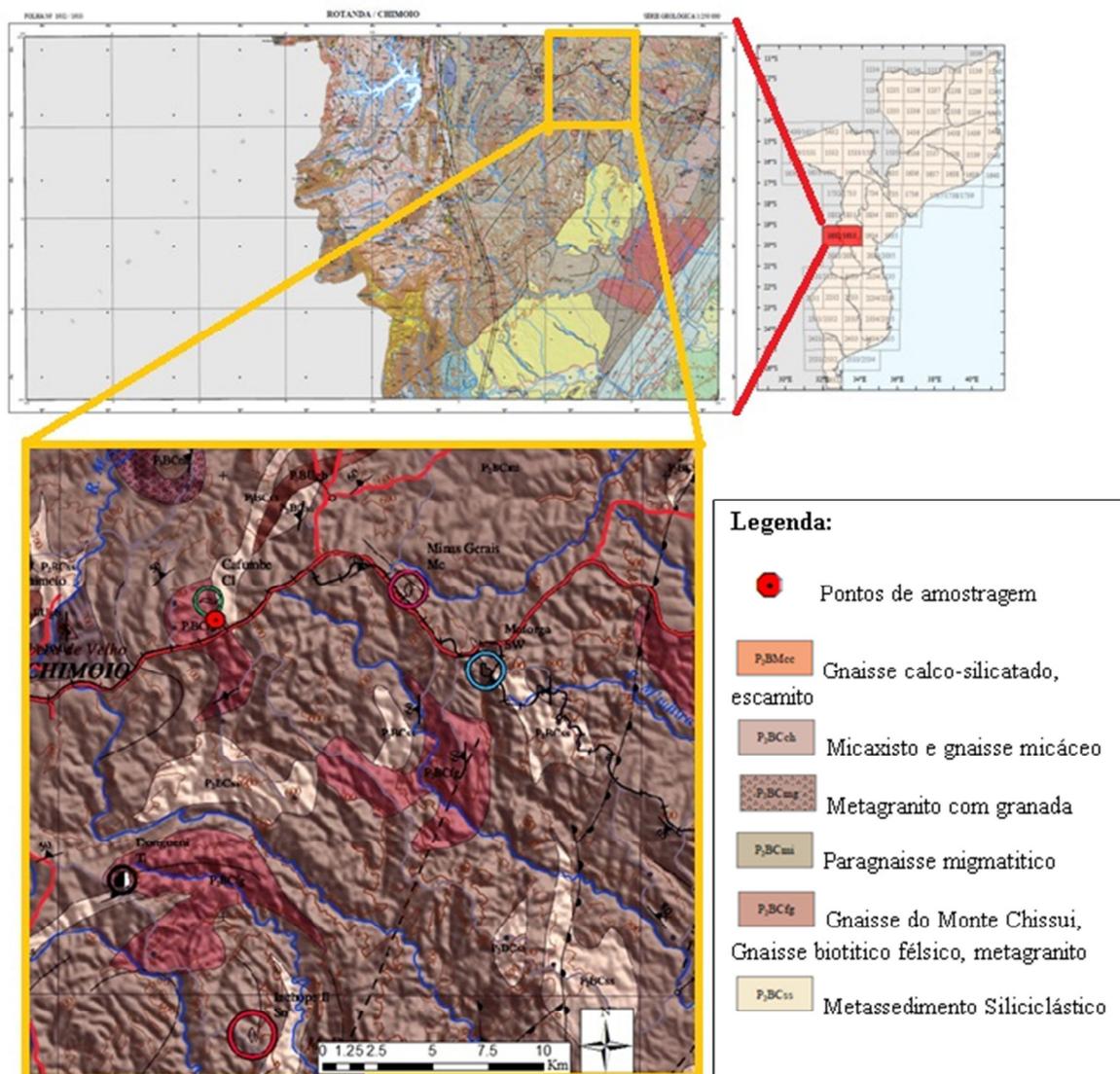


Fig. 1 - Enquadramento geográfico e geológico.

REFERÊNCIAS

- [1]-Gomes, C. F., Argilas, aplicações na indústria. Aveiro: O Liberal, Empresa de Artes Graficas, Lda., 2002.
- [2]-Vasconcelos, L., Breve apresentação sobre os recursos geológicos de Moçambique, Com.Geol., 101 (2014) 869-874.

ARTIGO REF: 6766

CARACTERIZAÇÃO TÉRMICA DE TESTEMUNHOS OBTIDOS EM DOIS FUROS REALIZADOS NA ANTÁRCTIDA MARÍTIMA

António Correia^(*)

Instituto de Ciências da Terra, Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho, 59, Évora, Portugal

^(*)Email: correia@uevora.pt

RESUMO

No âmbito de um projeto da National Science Foundation dos Estados Unidos da América intitulado “Impact of Recent Climate Warming on Active-Layer Dynamics, Permafrost, and Soil Properties on the Western Antarctic Peninsula” e do projeto Permantar-2 intitulado “Permafrost and Climate Change in the Maritime Antarctic” da Fundação para a Ciência e a Tecnologia, Portugal, foram realizadas duas sondagens mecânicas com carotagem contínua de modo a recolher o maior número de testemunhos possível para estudos laboratoriais. A primeira, denominada Amsler, com 15 m de profundidade, foi realizada na Ilha Amsler (Arquipélago de Palmer) próximo da base Antártica Americana Palmer; a segunda, denominada Cierva, com 16 m de profundidade, foi realizada em Cierva Cove perto da base Antártica Argentina Primavera, na Península Antártica (Fig. 1).

Os furos foram realizados com o objectivo de estudar os fenómenos de transferência de energia à superfície do solo e a evolução temporal do *permafrost* naquela região. Para realizar esse estudo é necessário conhecer a condutividade térmica, a difusividade térmica e capacidade térmica volumétrica das formações rochosas atravessadas pelos furos. A condutividade térmica e a difusividade térmica são duas propriedades dos materiais rochosos que estão relacionadas com a maneira como a energia se transmite através deles. São dois parâmetros fundamentais para descrever e compreender os fenómenos de transferência de energia no solo e, em particular, em zonas de *permafrost*. A condutividade térmica é uma medida da maior ou menor facilidade com que os materiais conduzem a energia térmica; por outro lado, a difusividade térmica mede a facilidade com que os materiais perdem ou acumulam energia. A relação entre a difusividade térmica (α) e a condutividade térmica (K) é expressa pela seguinte expressão

$$\alpha = \frac{K}{\rho \cdot C_p}$$

em que ρ é a massa volúmica e C_p é a capacidade térmica mássica.

A determinação da condutividade térmica, da difusividade térmica e da capacidade térmica volumétrica foi realizada no laboratório do Departamento de Física da Universidade de Évora, utilizando um equipamento ISOMET 2104. Este utiliza um método transiente de aquecimento e arrefecimento das amostras. A Tabela 1 é um resumo das determinações efectuadas e apresenta os valores, mínimo e máximo, daquelas três propriedades para testemunhos dos dois furos. Cada uma daquelas propriedades foi medida em superfícies perpendiculares ao eixo dos testemunhos cilíndricos. As determinações foram realizadas com as amostras secas.

Os valores da condutividade térmica, da difusividade térmica e da capacidade térmica volumétrica obtidos para os furos Amsler e Cierva são muito semelhantes aos valores obtidos em testemunhos de outras perfurações realizadas na Ilha Livingston (Ilhas Shetland do Sul).

Por outro lado, os valores obtidos são semelhantes aos obtidos em rochas semelhantes de outras partes do Globo Terrestre. Assim, o que fará alterar aqueles valores será, fundamentalmente, o tipo de material que preenche os poros das rochas, i.e., ar, água ou gelo.

Com vista a modelar a distribuição da temperatura ao longo dos dois furos, determinações da porosidade estão em curso com o objetivo de corrigir os valores das três propriedades quando os poros estão preenchidos com gelo.

Tabela 1 - Variação da condutividade térmica, da difusividade térmica e da capacidade térmica volumétrica das formações rochosas atravessadas pelos furos Amsler e Cierva.

Furo	Condutividade térmica (W/mK)	Capac. térmica vol. (J/kg.K)	Difusividade térmica (m ² /s)
AMSLER	2,2 ± 0,1 - 3,0 ± 0,1	2,1 ± 0,1 - 2,3 ± 0,1	1,0 ± 0,1 - 1,3 ± 0,1
CIERVA	2,3 ± 0,1 - 3,4 ± 0,1	1,9 ± 0,1 - 2,9 ± 0,1	1,1 ± 0,1 - 1,4 ± 0,1



Fig. 1 - Península Antártica e localização dos furos Amsler e Cierva

ARTIGO REF: 6802

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO MÁRMORE PORTUGUÊS, COM VISTA À OPTIMIZAÇÃO DA SUA APLICAÇÃO EM OBRA

Ruben Varela Martins^{1(*)}, Luís Lopes¹, Luís Sousa², Siegfried Siegesmund³, Johanna Menningen³, Amanda Ricardo³

¹Dep. Geociências, Univ. de Évora, Escola de Ciências e Tecnologia e Instituto de Ciências da Terra, Portugal.

²Dep. Geologia, Univ. de Trás-os-Montes e Alto Douro, Escola de Ciências da Vida e do Ambiente, Portugal.

³Dep. of Structural Geology and Geodynamics, Geoscience Centre of the University of Göttingen, Germany.

(*)*Email*: rubenvm@uevora.pt

RESUMO

No anticlinal de Estremoz, Zona Ossa-Morena - Portugal, encontram-se mármore calcíticos de idade paleozoica. Esta estrutura, de orientação NW-SE, representa um afloramento contínuo com cerca de 40 km de extensão e apresenta actividade extractiva desde o período romano. A estrutura tem um núcleo Precâmbrico e as formações mais recentes pertencem ao período Devónico. Os mármore ocupam uma posição intermédia, sendo datados do Câmbrio e estão intercalados numa sequência vulcano-sedimentar-carbonatada. A Orogenia Varisca actuou na região e fez-se sentir em duas fases de deformação distintas e com intensidades diferenciadas. A primeira é caracterizada por um comportamento dúctil das rochas ao passo que a segunda actua em regime frágil. A fracturação tardi-varisca e os efeitos do Ciclo Alpino foram ainda responsáveis por um incremento na fracturação dos mármore. As características geológicas, responsáveis pela génese e deformação dos mármore, conferiram a estes padrões estéticos de invulgar beleza possibilitando o seu uso como rocha ornamental (Lopes *et al.*, 2014).

Actualmente, o Mármore de Estremoz é aplicado em milhares de obras de construção civil e monumentos por todo o Mundo. O mercado alemão das rochas ornamentais é um dos mais importantes a nível europeu, sendo particularmente estratégico para as exportações do mármore português. Neste sentido, têm-se desenvolvido estudos de caracterização deste mármore, no âmbito de uma acção integrada Luso-Alemã, envolvendo as universidades de Göttingen, Trás-os-Montes e Alto Douro e de Évora.

Esta acção consertada entre as três universidades conta com o apoio de sete empresas do sector da extracção e transformação de mármore, da região de Estremoz, Borba e Vila Viçosa. Realizaram-se vários ensaios de caracterização física de diferentes tipos cromáticos do mármore alentejano, assim como a sua análise microtextural, no sentido de contribuir para o conhecimento do seu comportamento em obra

Os estudos foram desenvolvidos nos laboratórios do *Department of Structural Geology and Geodynamics, Geoscience Centre of the University of Göttingen, Germany*, tendo-se realizado ensaios de determinação de massa volúmica real e aparente, porosidade acessível à água, estudo da anisotropia microtextural e implicações na deterioração da pedra utilizada na construção, velocidade de ultra-sons, micro e macro porosimetria pelo método de mercúrio e expansibilidade térmica.

Os ensaios incidiram em vinte e duas amostras (cubos de 6,5 cm de aresta) distribuídas por sete diferentes tipos cromáticos de mármore (Branco, Branco Vergado, Creme Vergado, Rosa, Pele de Tigre, Ruivina e Marinela).

Atendendo a que o Mármore de Estremoz, estruturalmente, possui uma microxistosidade, regionalmente denomina por “corrume”, faz com que as peças obtidas a partir de um bloco, tenham respostas diferenciadas quando sujeitas a tensões orientadas ou exibam diferentes valores para várias propriedades, consoante a posição predominante dessa orientação cristalográfica preferencial (foliação).

Assim, aquando da obtenção dos cubos de 6,5 cm de aresta, houve o cuidado de os alinhar consoante a foliação determinada macroscopicamente, tal como se observa na figura 1.



Fig. 1 - (A) Esquema mostrando a foliação e as direcções preferenciais para a obtenção de provetes para o ensaio de expansibilidade; (B) Amostras de Ruivina cortadas segundo o “corrume”.

Um dos ensaios mais relevantes é a determinação da velocidade de ultrassons, tendo sido efectuado com o programa LightHouse 2000 - SM, com uma Frequência - 250 kHz e medição directa das ondas P (Vp). As medições foram efectuadas segundo os três eixos, tal como está representado no esquema da figura 1, tendo-se obtido valores (Tabela 1) que revelam uma evidente padronização, consoante a orientação da medição e as condições em que se encontravam os provetes.

Tabela 2 - Velocidades de Ultrassons (km/s).

	Secos à temperatura ambiente			Secos a 60° C			Saturados		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Branco	4,525	4,530	4,066	4,446	4,300	4,152	5,327	5,333	5,214
Branco Vergado	4,744	4,969	4,433	4,711	4,935	4,110	5,437	5,567	5,047
Creme Vergado	4,742	4,874	4,422	4,669	4,792	4,326	5,879	5,849	5,326
Rosas	4,619	4,605	4,444	4,665	4,971	4,447	5,768	5,763	5,598
Pele de Tigre	4,536	4,988	4,551	4,427	5,067	4,463	5,510	5,650	5,266
Ruivina	4,604	4,981	4,375	4,500	4,945	4,236	5,697	5,872	5,458
Marinela	5,427	6,165	5,274	5,721	6,280	5,365	5,826	6,400	5,365

REFERÊNCIAS

[1]-Lopes, L.; Martins, R.; 2010; Aspectos da Geologia e Exploração de Mármore em Vila Viçosa: Património Geológico e Mineiro a Preservar; Callipole, Revista de Cultura nº 18; Câmara Municipal de Vila Viçosa; 255 - 275.

[2]-Lopes, L., Martins, R.; 2012; Marbles from Portugal; http://www.naturalstone-online.com/fileadmin/NatursteinDaten/Anzeigenseite_neu/portugal_marble1.pdf.

[3]-Lopes, L., Martins, R. 2014; Global Heritage Stone: Estremoz Marbles, Portugal. From: Pereira, D., Marker, B. R., Kramar, S., Cooper, B. J. & Schouenborg, B. E. (eds.) Global Heritage Stone: Towards International Recognition of Building and Ornamental Stones. Geological Society, London, Special Publications, 407.

[4]- <http://dx.doi.org/10.1144/SP407.10>; <http://hdl.handle.net/10174/11432>.

ARTIGO REF: 6818

INTRODUÇÃO AOS TIPOS PETROGENÉTICOS DE ROCHAS KIMBERLÍTICAS DA MINA DE CATOCA, PROVÍNCIA DA LUNDA-SUL-ANGOLA

Madalena Caji dos Santos^{1(*)}, Arturo Luis Rojas Purón²

¹Avenida Talatona, S/N, Q.GU-01, Edifício sede e Estaleiros, Luanda-Sul, Sociedade Mineira de Catoca e Escola Superior Politécnica da Lunda-Sul (Universidade Lueji An'Konde), Angola

²Departamento de Geología. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa-Cuba

(*)Email: malenageo@yahoo.com.br; neosha2008@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho trata sobre os tipos petrogenéticos das principais rochas kimberlíticas da mina de Catoca, Angola, com o objectivo de estabelecer a classificação textural e mineralógica das fácies dessas rochas. Utilizou-se na sua maioria dados fornecidos pelo departamento de geologia da SMC, tomando como base aquelas propostas por Ganga Jr. (2001); Yakutalmaz (2002); Ganga Jr., Rotman e Nossyko (2003) e Zinchenko (2009). Os kimberlitos em estudo exibem uma ampla variedade de texturas de cristalização ígnea conjuntamente com uma ampla variedade de texturas de segregação. A mineralização depende da quantidade da composição e nível da diferenciação, nomeadamente do lote de magma amostrado.

Segundo Kopylova (2005), em referência a Clement e Skinner (1985), o kimberlito pode ser dividido em três unidades, baseadas em sua morfologia e petrologia: kimberlito de cratera, a morfologia de superfície de kimberlitos intemperizados é caracterizada por uma cratera de até dois quilómetros de diâmetro cujo piso pode estar a centenas de metros abaixo da superfície. Duas categorias principais de rochas são encontradas em kimberlitos de cratera: piroclásticas, depositadas por forças eruptivas e epiclásticas, retrabalhadas por água. Kimberlito de diatrema, a zona é caracterizada por material kimberlítico vulcanoclástico fragmentado e xenólitos agregados de vários níveis da crosta terrestre durante a subida do kimberlito à superfície. Kimberlito abissal, estas rochas são formadas pela cristalização de magma kimberlítico quente e rico em voláteis. Geralmente não possuem fragmentação e parecem ígneos.

A chaminé kimberlítica de Catoca é a única do País até agora estudada, que preserva o conjunto de todos os elementos morfológicos (canal de adução ou hipoabissal "zona da raiz", diatrema e cratera) e de todos os tipos geológico-genéticos de rochas kimberlíticas. O kimberlito tem um grande significado científico já que nele se encontram preservados o conjunto de todas as fácies geológico - genéticas, tais como brechas kimberlíticas com a textura maciça do cimento, brechas kimberlíticas autolíticas, brechas tufisíticas kimberlíticas, formações vulcano-sedimentares e epiclásticas de composição mista. Segundo estudos geológicos efectuados pelos especialistas da Sociedade Mineira do Catoca (1998 - 2004), a chaminé de Catoca pertence aos diatremas que foram pouco erodidos, com o funil preservado, preenchido pelas rochas das fácies crateral. (Nossyko e Rotman 2001), descrevendo os aspectos genéticos da formação de kimberlitos e as investigações realizadas, mostram que a introdução e ascensão do magma desde o foco de geração a superfície da terra só pode suceder nas fracturas de roturas hidráulicas.

Mitchell (1986), descreve dois modelos que explicam a formação dos kimberlitos de Catoca, um modelo hidrovulcânico, onde a formação da cratera e do diatrema é representado como resultado da acção mútua explosiva que acontece quando o magma quente ascendente encontra-se com as águas subterrâneas ou da superfície. Segundo o autor a explosão resultante forma a cratera cujos anéis contém os sedimentos vulcano-sedimentares. É suposto que o diatrema se forma como efeito da migração do ponto descendente do contacto entre o magma e a água. O outro modelo é de fluidização representa a formação da chaminé, como resultado da fragmentação das rochas subjacentes, devido a separação dos gases juvenis na frente da coluna ascendente do magma kimberlítico. As repetidas porções do magma saturado de gases, provocam uma explosão de ruptura e a formação da cratera. Durante a ruptura acontece periodicamente uma fluidização em curtos espaços de tempo que altera parcial ou completamente a chaminé, formando o diatrema.

Tendo em conta os modelos que explicam a formação dos kimberlitos, depois das observações feitas na chaminé de Catoca, aparecem bem definidas três etapas da sua formação, das quais a primeira e a segunda associam-se ao modelo hidrovulcânico e a terceira predomina o modelo de fluidização.

REFERÊNCIAS

- [1]-Clement, C. R. and E. M. W. Skinner (1985). A Textural-Genetic Classification of Kimberlites. *Trans. geol. Soc. South Africa* n 8: p 403-409.
- [2]-Ganga Jr. (2001)- objectivo de realizar pesquisas, prospecção, exploração e comercialização de diamantes em Angola.
- [3]-Ganga J., Rotman A. Y., Nossyko S. (2003) - Pipe Catoca, an example of the weakly eroded kimberlites from north-east of Angola. En: *The 8th international kimberlite conference extended Abstract*.
- [4]-Iakutalmaz (2002)-A eficiência da metodologia adoptada para a execução de trabalhos prospecção do jazigo Catoca.
- [5]-Kopylova, Maya G. Kimberlite. Diamond Exploration Lab, University of British Columbia. Disponível na Internet via W. URL:
- [6]-Mitchell R. H - Sobre modelos da formação dos kimberlitos de Catoca, Angola, 1986.
- [7]-Nossyko S. e A. Rotman - Peculiaridades da estrutura e composição das chaminés kimberlíticas fracamente erodidas do nordeste de Angola (a exemplo de Catoca), Angola 2001.
- [8]-Relatório sobre os resultados da prospecção geológica detalhada das rochas kimberlíticas da mina de Catoca, vol. 1, pág. 94-96, Angola 1995-2001.
- [9]-Relatório da Sociedade Mineira de Catoca, estudos geológicos efectuados pelos especialistas sobre a chaminé de Catoca acerca de diatrema que foi pouco erodido, com o funil preservado, preenchido pelas rochas da fácies cratera, vol. 2, Angola 1998 - 2004.
- [10]-Zinchenko V. (2009)- Morphology of diamonds from kimberlite pipes of the Catoca field. *Angola. Journal Geology of ore Deposits Publisher*, 50 (8): 806-816.

ARTIGO REF: 6845

LEVANTAMENTO GEOFÍSICO ELETROMAGNÉTICO INDUTIVO PARA AVALIAÇÃO AMBIENTAL DO CEMITÉRIO NOSSA SENHORA APARECIDA, PIEDADE, SÃO PAULO, BRASIL

**Francisco Carlos da Silva^{1(*)}, Francisco de Assis Cavallaro², Wagner França de Aquino³,
João Marcos de Melo Corrêa⁴, Paulo Sergio Tonello¹**

¹Univ. Estadual Paulista (Unesp), Inst. Ciência e Tecnologia, Lab. De Física Ambiental, Sorocaba, Brasil

²Univ. de São Paulo, Instituto de Geociências (USP-IGs), São Paulo, Brasil

³GPR CEOSCIENCE GEOFÍSICA LTDA., Cotia, Brasil

⁴Univ. Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia, Dpto. De Geociências, Seropédica, Brasil

(*)*Email*: fracarlos@hotmail.com

RESUMO

Segundo a CETESB (1999), “Os métodos geofísicos são técnicas indiretas de investigação das estruturas de subsuperfícies através da aquisição e interpretação de dados instrumentais, caracterizando-se, portanto, como métodos não invasivos ou não destrutivos”.

Com a publicação da Resolução nº 335 de 28 de maio de 2003, pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA - os cemitérios atualmente são considerados como fontes potenciais de contaminação, e para ser construído precisa atender a todos as determinações da lei, necessitando implantar equipamentos que protejam o meio ambiente para que seja preservado o solo e as águas subterrâneas.

O método eletromagnético indutivo (EM) se baseia na indução de um campo eletromagnético primário (H_p) para subsuperfície, através de uma bobina transmissora, e na geração de um campo eletromagnético secundário (H_s) no solo, que é detectado numa bobina receptora. Neste método geofísico, a propriedade física envolvida é a condutividade elétrica do meio, e esta é proporcional à relação entre o campo primário emitido e o campo secundário captado.

O instrumento EM-3 consiste de duas bobinas coplanares montadas num tubo rígido numa distância fixa de 3,7 metros, e que pode ser carregado e operado por uma pessoa apenas. A frequência de operação deste instrumento é única, sendo de 9.8 KHz, o que define que para se investigar duas profundidades diferentes é necessário se alterar a disposição do eixo do dipolo magnético.

Os trabalhos de campo foram desenvolvidos através da execução de perfis EM paralelos, diagonais e transversais conforme Figura 1, cujos resultados são apresentados na forma de mapas em profundidade e perfis individuais onde podem ser observadas as variações laterais de condutividade e que podem indicar uma possível contaminação subterrânea. Os contornos das curvas de isovalores dos mapas de condutividade foram efetuados através da plotagem das coordenadas dos pontos de leitura e posterior interpolação dos dados das medições através do programa Surfer, versão 6.01, da Golden Software Inc (Colorado, EUA), o que proporcionou a elaboração dos mapas de anomalias geofísicas para as profundidades de exploração de 3,0 e 6,0 metros conforme Figuras 3 e 4 respectivamente.

Dessa forma, as anomalias foram definidas como valores que extrapolassem o background. Para isso, foi considerado como valores anômalos os valores uma vez e meio maiores do que as condutividades relativas ao background. Contudo, a forma de se chegar a este resultado é baseada em um procedimento empírico com base em trabalhos de campo (Aquino, 2000).



Figura 1: Croqui dos perfis de EM

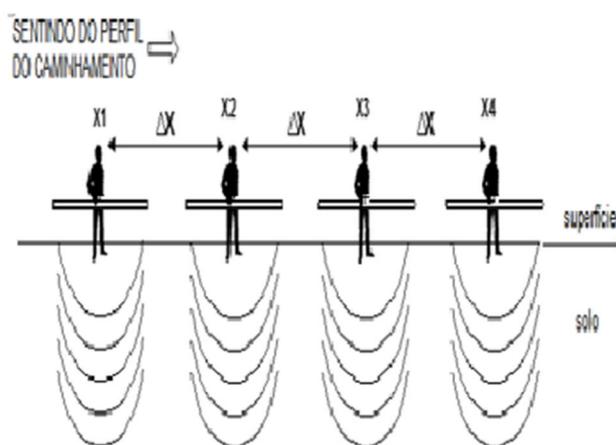


Figura 2 : Esquema de execução do Caminhamento Eletromagnético

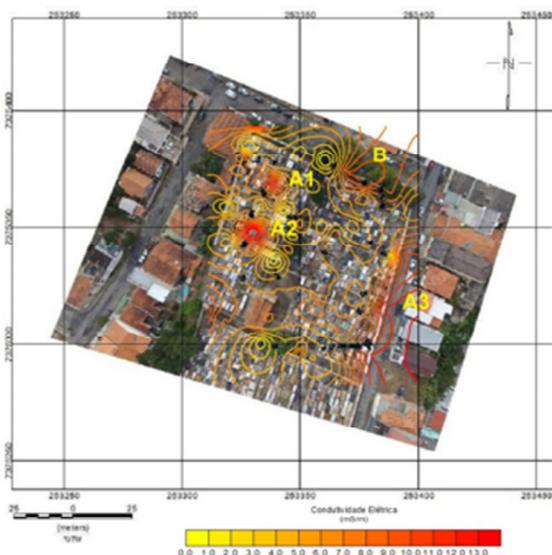


Figura 3: Mapa de anomalia a 3 metros

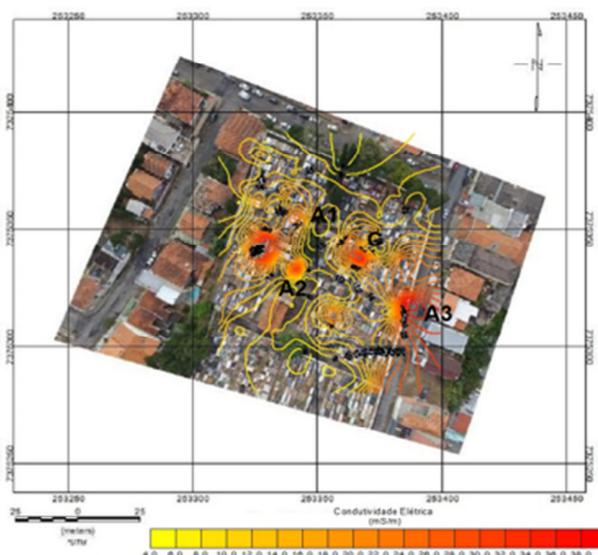


Figura 4: Mapa de anomalia a 6 metros

REFERÊNCIAS

- [1]-Aquino, W.F. (2000) Métodos geofísicos eletromagnéticos aplicados ao diagnóstico da contaminação do solo e das águas subterrâneas em área de infiltração de resíduos industriais. Dissertação de Mestrado - USP. 121p
- [2]-CETESB, Companhia de tecnologia e saneamento ambiental, 1999, Manual de gerenciamento de áreas contaminadas. 2ªed. CETESB, GTZ, São Paulo. 389 pp.
- [3]-CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente, Resolução 237, de 19 de Dezembro de 1997.

ARTIGO REF: 6854

O CLUSTER DOS RECURSOS MINERAIS DE PORTUGAL: ESTRATÉGIA COLECTIVA DE RECONHECIMENTO SECTORIAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Luís Lopes¹, Marta Peres², Miguel Goulão³

¹Departamento de Geociências, Universidade de Évora, Escola de Ciências e Tecnologia, Instituto de Ciências da Terra, Portugal; Cluster dos Recursos Minerais de Portugal.

²Cluster dos Recursos Minerais de Portugal.

³ASSIMAGRA - Associação dos Industriais de Mármore e Granitos de Portugal; Cluster dos Recursos Minerais de Portugal.

(*)Email: lopes@uevora.pt

RESUMO

Os Recursos Minerais (RM) como potencial de desenvolvimento de um País, só podem ser devidamente considerados se houver uma estratégia integrada e transversal a todas as atividades relacionadas com os mesmos. Contributos de áreas tão distintas, a começar pela geologia, passando pelo ordenamento do território, proteção ambiental, sustentabilidade socioeconómica das populações onde os RM ocorrem, associados a políticas de mercado, entre outras, devem ser analisadas em conjunto e de modo integrado. A candidatura e posterior reconhecimento do Cluster dos RM de Portugal constituem pois um marco e um passo importante para a sua gestão racional.

Esta candidatura surge como evolução natural do Cluster da Pedra Natural, vejamos como. Em 2009 o Cluster da Pedra Natural de Portugal teve o seu reconhecimento, e desde o início de atividades, a 17 de julho desse ano, desenvolveram-se três projetos âncora e vários complementares, no total houve um investimento de quase 58 milhões de euros. Efetivamente, o apoio governamental foi de € 38,246,879.00 e a participação dos promotores foi de € 19,584,923.00. Como resultado, e no geral, o sector das rochas ornamentais cresceu em contraciclo com a economia, por exemplo, apresentou em 2013 um crescimento de 28%. O que só foi possível graças às estratégias de promoção e marketing que foram realizadas em grandes feiras da especialidade que anualmente se realizam, como por exemplo: Xiamen (China), Verona (Itália), Vitória (Brasil), Orlando (EUA) e ainda noutras com menos expressão a nível mundial mas com interesse para o mercado nacional (Batalha, Madrid, Carrara, Cachoeiro, Izmir, etc.). Esta estratégia tem prosseguido até aos dias de hoje com vários projetos, entre os quais destacamos a criação da marca Stone.PT©, o projeto “Primeira Pedra” e outros submetidos e que aguardam aprovação.

Entretanto os critérios de elegibilidade para que um sector pudesse ter reconhecimento como “Cluster” foram modificados e para continuar com o reconhecimento de sector estratégico, as rochas ornamentais por si só não teriam dimensão económica suficiente. Neste sentido, a direção da Valorpedra (órgão de gestão para o Cluster da Pedra Natural) tomou a iniciativa de promover uma discussão alargada a todos os RM no sentido de debater o tema e angariar empresas e entidades para que a sinergia assim criada alcançasse dimensão para se enquadrar nos novos parâmetros de elegibilidade.

Neste momento o Cluster dos Recursos Minerais apresenta uma composição de 38 associados e outros parceiros com a seguinte distribuição: 29 Empresas; 4 Entidades do Sistema de

Investigação e Inovação; 2 Associações Empresariais; 2 Outros Associados e 10 outros parceiros relevantes. À medida que novos projetos vão sendo submetidos e novos contactos vão sendo realizados, novos sócios tem sido integrados na Parceria para os Recursos Minerais de Portugal.

Para já, o contributo das empresas com atividades nucleares no total de empresas é de 74,07% com uma representação de CAE das secções A,B e C da CAE Rev.3 de 81,48% no total das empresas associadas e o envolvimento de empresas de dimensão PME está garantido por 26 empresas representando 88,89% no total das empresas associadas.

Reportando-nos ao ano de 2013, as empresas associadas com atividades nucleares apresentam: Volume de Negócios: 69.141,79 milhares de euros; Exportações: 53.305,21 milhares de euros; Exportações extracomunitárias: 41.087,04 milhares de euros;

As empresas associadas com atividades nucleares e de suporte, no mesmo ano apresentam um Volume de Negócios 78.149,08 milhares de euros. Assim, o Cluster dos RM apresenta um desempenho em matéria de comércio externo de 53.305,21 milhares de euros para o somatório das exportações das empresas associadas com atividades nucleares em 2013 o que corresponde a um peso de 77,10% no respetivo volume de negócios para o mesmo ano, no qual o rácio de exportações no Volume de Negócios ao nível nacional foi de 23,4%.

A importância dos mercados não comunitários no volume de exportações foi de 77,08%, peso considerado muito alto em relação ao comportamento médio nacional dos dois agregados macroeconómicos, cuja média nacional naquele ano foi de 32%. Nenhuma das empresas associadas no Cluster tem identificada a presença de ativos ou postos de trabalho no exterior; a internacionalização também será um objectivo a alcançar.

Considerando todo o universo empresarial do Cluster, isto é, empresas associadas com atividades nucleares e de suporte, verifica-se um desempenho da variação do volume de negócios entre 2010 e 2013 de 2,20%, muito superior à taxa de crescimento média nacional que foi negativa de -2,97%.

Em 2013 o grau de cobertura das importações pelas exportações, avaliado através do quociente entre o valor das exportações e o valor das importações das empresas associadas com atividades nucleares foi de 1.261,46%, apresentando assim um comportamento muito superior ao rácio médio nacional, que foi de 104,5%.

O Cluster tem como ambição alcançar as seguintes metas: Taxa de crescimento do Volume de Negócios: 26,5 %; Taxa de crescimento das Exportações: 26,5 % e incrementar substancialmente a taxa de crescimento do investimento em ID&T e Inovação.

Entre outros, os elementos atrás enumerados contribuíram para o reconhecimento do Cluster. Neste trabalho apresentamos os objetivos, enquadramento, propostas estratégicas, ações em curso e a desenvolver a curto e médio prazo no âmbito do Cluster dos Recursos Minerais de Portugal.

Pretendemos ainda disseminar a experiência e cativar potenciais interessados para esta estratégia de eficiência coletiva relevante para Portugal mas que também constitui uma oportunidade de cooperação e internacionalização para as empresas e entidades da Comunidade de Países de Língua Oficial Portuguesa.

ARTIGO REF: 6875

ENSAIOS *IN-SITU* E DE LABORATÓRIO PARA A CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DE ADOBES NA PROVÍNCIA DA HUÍLA, ANGOLA

Piedade Martins Wachilala¹, Isabel Maria Ratola Duarte^{2(*)}, António Bastos de Pinho²

¹Universidade de Évora, Escola de Ciências e Tecnologia, Depart. Geociências, Évora, Portugal

²Universidade de Évora, Escola de Ciências e Tecnologia, Depart. Geociências, Centro de Investigação GeoBioTec, Évora, Portugal

(*)Email: iduarte@uevora.pt

RESUMO

Em Angola, a construção em terra crua é uma herança cultural que tem sido desenvolvida durante séculos e continua a ser muito utilizada pelas famílias de baixo rendimento [Guedes, 2009, Duarte et al, 2015]. Na província da Huíla, existem inúmeras habitações de terra crua, construídas com base em métodos e técnicas ancestrais. Entre as técnicas de construção em terra, destaca-se: o adobe, pau-a-pique e mais recentemente, os blocos de terra comprimida [Pedro, et al, 2014]. A aplicação desta técnica tradicional, justifica-se pela eficiência do material como isolante térmico, pelo seu baixo custo e pelas características físicas e mecânicas dos solos utilizados no fabrico dos adobes [Wachilala, et al, 2016].

Na Província da Huíla a execução dos adobes consiste na mistura de solo com água e capim e/ou fibras vegetais, posterior moldagem de pequenos blocos, utilizando moldes duplos em madeira, sendo desmoldados ainda no estado fresco e colocados a secar à temperatura ambiente [Wachilala, et al, 2016]. O tipo de solo utilizado para fabricar os adobes é essencialmente areia argilosa de cor cinzenta, castanha, amarela ou vermelha escura.

Na Figura 1 ilustram-se algumas etapas de construção em terra crua na Província da Huíla, utilizando o adobe.



Fig. 1 - Construção em adobes na Província da Huíla: (A) Mistura do solo com água e capim; (B) Secagem ao ar livre dos blocos de adobes; (C) Edificação das paredes com adobes e argamassa de terra crua.

As propriedades dos solos que mais condicionam o desempenho das estruturas em terra crua, relacionam-se com a composição do solo, principalmente a da fracção argilosa [Santana e Rodrigues, 2005], que influencia o comportamento mecânico, nomeadamente a resistência à compressão e a durabilidade dos adobes.

Para o conhecimento das propriedades do solo é necessário que se proceda previamente à sua caracterização com recurso a ensaios específicos para o efeito [Torgal, et al, 2009].

Neste trabalho, realizaram-se ensaios expeditos *in-situ* para caracterizar o material no local (cor, cheiro, tacto, brilho, sedimentação e retração) e identificar as anomalias existentes na construção. Também, foram recolhidas amostras de solos em 6 municípios da Província da Huíla, a fim de caracterizar estes geomateriais utilizados na produção de adobes, através de ensaios no laboratório que permitiram quantificar diversos parâmetros, nomeadamente a granulometria, a consistência, expansibilidade, compacidade, resistência e durabilidade.



Fig. 2 - Preparação geral das amostras de solos no laboratório: (A) Repartição dos solos; (B) Análise granulométrica dos provetes de solos.

REFERÊNCIAS

- [1]-Duarte I, Pedro E, Varum H, Mirão J and Pinho A, Soil mineralogical composition effects on the durability of adobe blocks from the Huambo region, Angola., *Bull. Eng. Geol. Environ.*, doi 10.1007/s10064-015-0800-3 (2015) ISSN 1435-9529.
- [2]-Guedes M. C., *Arquitectura sustentável em Angola. Manual de Boas Práticas.* Universidade de Aveiro (2009) 19-25.
- [3]-Pedro E, Duarte I and Varum H., Características dos solos utilizados na produção de adobes na Província de Huambo - Angola. In: *A Engenharia como motor para a Inovação e o Desenvolvimento: LusoImpress S.A., Ref (in CD-ROM) CLME'2014_A103565, 9 p]*, (2014) ISBN: 978-989-98832-1-5.
- [4]-Pedro E, Duarte I, Varum H and Pinho A., Characterization of adobes in the Central Plateau of Angola. *Engineering Geology for Society and Territory. Preservation of Cultural Heritage.* Vol. 8, 54, (2015) 311-316. Springer. ISBN 978-3-319-09407-6; ISBN 978-3-319-09408-3 (eBook); Doi: 10.1007/978-3-319-09408-3_54.
- [5]-Santana, T. & Rodrigues, P., *Ensaio de caracterização laboratorial de solos com vista à sua utilização em Arquitectura de Terra crua*, FCT, Universidade Nova de Lisboa, (2005), In IV SIACOT, Monsaraz, PROTERRA/CdT.
- [6]-Torgal, P. F., Eires, R. G. & Jalali S., *Construção em Terra*, Universidade do Minho, Guimarães, (2009) ISBN 978-972-8692-40-7.
- [7]-Wachilala, P. M., Duarte I. M. & Pinho, A. B., *Methods of Earth Building in the Huíla Province, Angola*, 35th International Geological Congress, Cape Town, South Africa (2016).

ARTIGO REF: 6902

CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA E GEOQUÍMICA DOS GRANITÓIDES DO PERFIL GABELA-CONDA, CUANZA-SUL, ANGOLA

Silva Pereira Ginga¹(*), Winnie Quarta Mateus²

¹Universidade Agostinho Neto, Fac. Ciências, Departamento de Geologia, Luanda, Angola

²Instituto Geológico de Angola (IGEO), Luanda, Angola

(*)spereiraginga@yahoo.es

RESUMO

Nas últimas décadas, têm sido realizados numerosos estudos geológicos sobre rochas graníticas, pois a sua abundância na crosta continental, bem como a grande variabilidade composicional, geocronológica e de ambientes geotectónicos, têm sido fundamentais para a compreensão dos mecanismos que controlam a evolução geodinâmica de cadeias orogénicas e dos processos de formação e diferenciação crustal (Best & Christiansen, 2001).

Além disso, estes estudos também têm proporcionado uma melhor compreensão do papel desempenhado por estas rochas na mobilização e concentração de elementos químicos com interesse mineiro. Por outro lado, muitos estudos sobre fracturação e de caracterização das propriedades físico-mecânicas dos granitos têm sido efectuados com vista à sua utilização como rocha ornamental.

É globalmente aceite a existência de vários tipos de granitos formados por diferentes processos, incluindo diferenciação, a partir de magmas máficos derivados do manto, e fusão de sedimentos pré-existentes ou precursores de natureza ígnea (e.g. Chappel e White, 1992). No caso dos granitóides da área da Gabela - Conda, antes de este estudo, pouco ou nada se conhecia sobre a sua evolução geoquímica e geotectónica.

Com o presente trabalho foi possível caracterizar petrográfica e geoquimicamente as rochas graníticas da área de estudo, com intuito de sua classificação assim como definir o seu ambiente geotectónico. Para tal, a partir do reconhecimento de campo foi realizado uma amostragem em oito afloramentos, cujas amostras foram expostas a análises petrográficas e de química de rocha total (XRF e ICP-OES).

Os resultados permitiram definir na área de estudo três litotipos principais: monzonitos, granitos e sienito de quartzo. Texturalmente, são hipidiomórficos, contendo vários tipos de alteração: caulínização, epidotização, sericitização, cloritização e mirmekitização. Apresentam diferentes graus de enriquecimento em elementos traços, e com base a projecção dos elementos maiores e menores em diagramas do tipo Harker, assim como o grau de enriquecimento no conteúdo de elementos ferromagnesianos ($Fe_2O_3+MgO+MnO+TiO_2$), demonstram *trend* indicativo a um processo de cristalização fraccionada, na qual os monzonitos apresentam-se como os menos diferenciados, sendo o sienito de quartzo o de maior grau de evolução magmática. São classificados como granitos do Tipo I e S, e quanto ao índice de Shand são predominantemente peraluminosos ($A/CNK > 1$; varia entre 1,1 e 1,4), com a excepção do sienito de quartzo que é marginalmente peralcalino ($A/CNK < 1$). Sua composição associa-os a um ambiente de arcos vulcânicos e syn-colisionais (Figura 1).

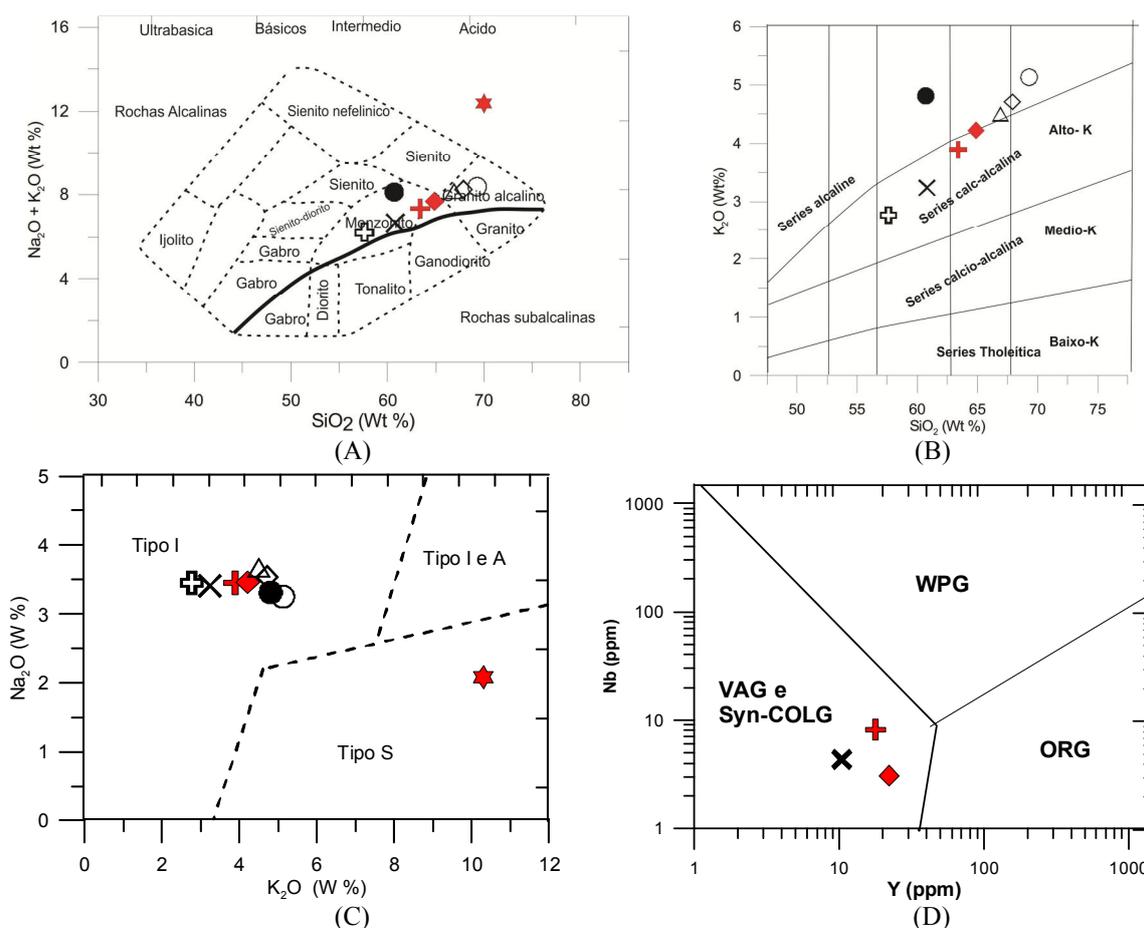


Fig. 1 - Classificação dos granitoides da área de estudo. (A) Utilizando o diagrama TAS ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ vs SiO_2 ; Cox et al., 1979); (B) Utilizando o índice K_2O vs SiO_2 , mostrando a sua inclusão nas séries alcalinas e calc-alcálicas de Alto K; (C) No diagrama K_2O vs Na_2O (White e Chappel, 1983), predominância de granitos do Tipo I; (D) Diagramas discriminantes de ambientes tectônicos Pearce et al. (1984): Projectam-se no campo VAG + SynCOLG.

REFERÊNCIAS

- [1]-Best e Christiansen, 2001. *Igneous Petrology* [Periódico]. - ENGLAND: Oxford:Blackwell Science, 2001. - XVI: 458pp.
- [2]-Chappel B., e White, A., 1974. Two contrasting granite types. [Periódico]. - *Pacific Geology*, 8(2), 173-174: Vols. Vol. 8 (2), 173-174.
- [3]-Cox, K.G., Bell, J.D., Pankrust, R.J., 1979. *The interpretation of igneous rocks*. London, George Allen e Unwin, 450p.
- [4]-Pearce J.A., Harris, N.B.W. and Tindle A.G. 1984 Trace elements discrimination diagrams for the tectonics interpretation of granitic rocks [Artigo] // *journal of petrology*. - 1984.

ARTIGO REF: 6925

MODELOS METALOGÉNICOS 3D. UMA FERRAMENTA PARA VALORIZAR OS RECURSOS MINERAIS DA ZONA DE OSSA MORENA, PORTUGAL

Pedro Nogueira^(*)

Departamento de Geociências, Escola de Ciências e Tecnologia, Instituto de Ciências da Terra,
Apartado 94, 7000 Évora, Portugal

^(*)*Email:* pmn@uevora.pt

RESUMO

Um território é tanto mais valorizado quanto mais reconhecidos e estudados são os seus recursos. No caso dos recursos minerais o potencial mineiro depende da história geológica da região em causa, sendo que essa história condiciona o tipo de recursos que potencialmente possam existir. É baseado nesta ideia de condicionantes locais para a existência ou não de um determinado recurso mineral que surge o conceito de província metalogénica, como uma região com potencial para a presença de um determinado recurso mineral. É o conceito de província metalogénica quando aplicado a tipologias específicas de recursos minerais, através da descrição detalhada desses tipos de recurso que constitui o que podemos designar de modelo metalogénico.

A existência de modelos metalogénicos para uma região é fundamental para as companhias mineiras que pretendem investir em pesquisa de novos recursos minerais uma vez que os modelos metalogénicos vão indicar quais são os guias e métodos de prospeção que devem ser aplicados em cada caso concreto.

A península ibérica e mais especificamente o território português é reconhecido como sendo um território com enorme potencial para alguns tipos de recursos minerais, possuindo minas de classe mundial, como são os casos da mina da Panasqueira para estanho e volfrâmio e a mina de Neves-Corvo para minérios de cobre, zinco e estanho. Assim, a região granítica que se estende da Galiza ao Centro de Portugal é reconhecidamente uma província metalogénica para o estanho e volfrâmio, assim como a Faixa piritosa Ibérica é uma província metalogénica para metais de base (cobre, chumbo e zinco).

A Zona de Ossa Morena que é corresponde a uma das zonas paleogeográficas do terreno ibérico, muito embora tenha um conjunto grande de ocorrências minerais descritas (mais de 250), não apresenta nenhuma mina a ser explorada atualmente. Entre os elementos que foram explorados em períodos históricos, principalmente finais de séc. XIX e durante o séc. XX podemos destacar o ferro, o cobre, o chumbo, o zinco, o estanho e volfrâmio. Entre as ocorrências enumeradas existem ainda elementos como o crómio, o níquel, o cobalto e o ouro, sendo que estes nunca foram alvos de exploração industrial na região.

Como parte de um projeto financiado pelo programa Alentejo2020 que está a decorrer, apresentamos neste trabalho a caracterização de algumas das ocorrências minerais conhecidas nesta região, com vista a definição dos respetivos modelos metalogénicos.

Os modelos metalogénicos que se poderão encontrar num contexto como o existente na zona de Ossa Morena vão desde os associados a rochas ultra-básicas e básicas em contextos orogénicos com a presença de elementos do grupo da platina, Cr, Ni-Cu e Co na região do complexo ígneo de Beja, passando pelos associados a rochas graníticas, dos quais são exemplos os jazigos de Monforte-Santa Eulália ou ainda os do tipo exalativo sedimentar - SEDEX na região de Portel-Ficalho.

Nesta primeira abordagem será feita uma tentativa de relacionar os diferentes tipos de recursos com as diferentes fases do ciclo de Wilson que a ZOM esteve sujeita.

ARTIGO REF: 6989

CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA DOS SOLOS DA REGIÃO DE BOM JESUS, LUANDA, ANGOLA

Nara R. Lopes¹, Celma C. Pinto¹, António B. Pinho^{2,3(*)}, Isabel M. R. Duarte^{2,3}, Pedro Claude Nsungani¹

¹Universidade Agostinho Neto, Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências - Luanda, Angola

²Universidade de Évora, Escola de Ciências e Tecnologia, Departamento de Geociências - Évora, Portugal

³GeoBioTec - Centro de Investigação da FCT, Univ. Aveiro, Portugal

(*)*Email*: apinho@uevora.pt

RESUMO

Verifica-se a tendência para a população mundial migrar para os grandes centros urbanos, tendo como consequência surgimento de novas cidades, assim como, a expansão e a reestruturação dos centros urbanos existentes. A expansão urbana reflecte-se na ocupação de terrenos, não somente pela urbanização à superfície, como também pela ocupação subterrânea, em resposta às exigências do tráfego rodoviário e ferroviário, às necessidades de estacionamento e à existência de outras infra-estruturas.

O desenvolvimento urbano, a complexidade crescente das obras de engenharia e a exigência das suas solicitações sobre os terrenos, assim como, o aumento da necessidade da utilização de terrenos de pior qualidade e de menor aptidão para a urbanização depara-se com aumento de custos e consequências na segurança e na prevenção de riscos geológicos. Estes aspectos, associados à importância crescente que vem sendo atribuída ao planeamento regional e urbano, assim como, à protecção do ambiente, têm contribuído para salientar a inevitabilidade da realização de uma adequada caracterização geológica e geotécnica dos terrenos interessados pela expansão urbana, para a definição das suas aptidões para as diversas ocupações possíveis [Duarte, 1993].

Este trabalho tem como principal objectivo, contribuir para a caracterização geológica e geotécnica dos maciços terrosos da região de Bom Jesus, uma das principais áreas interessadas pela futura expansão urbana da cidade de Luanda em Angola, com a finalidade de identificar as potenciais zonas de risco associadas à instabilidade de taludes.

A área de estudo fica situada na região de Bom Jesus, província de Luanda, município do Icolo-Bengo, tendo como acesso a estrada nacional (EN120) que liga as cidades de Luanda e N'dalatando, e a estrada principal de Bom Jesus, a qual atravessa a área em estudo, abrangida pela folha nº 108, SC-33/H-II do IGCA (escala 1:100 000) como mostra a Figura 1.

Na área ocorre uma série sedimentar com uma espessura que admite-se poder ser superior a 4000 m e que está assente em discordância sobre o soco cristalino Pré-Câmbrico, sendo constituída por distintas sequências correspondentes a diferentes condições na deposição das formações sedimentares da Bacia do Kwanza, com idades entre o Cretácico inferior e o Quaternário [Morais, 1993].

Após um reconhecimento geológico de superfície das formações sedimentares que afloram na região, foi realizada uma colheita de amostras dos solos de algumas das formações mais representativas da área em estudo, para posterior execução de ensaios de laboratório para identificação e classificação geotécnica desses solos sedimentares, nomeadamente, análise granulométrica, limite de liquidez (w_L) e limite de plasticidade (w_P), equivalente de areia (E.A.), densidade das partículas sólidas (G_s) e teor em água (w).

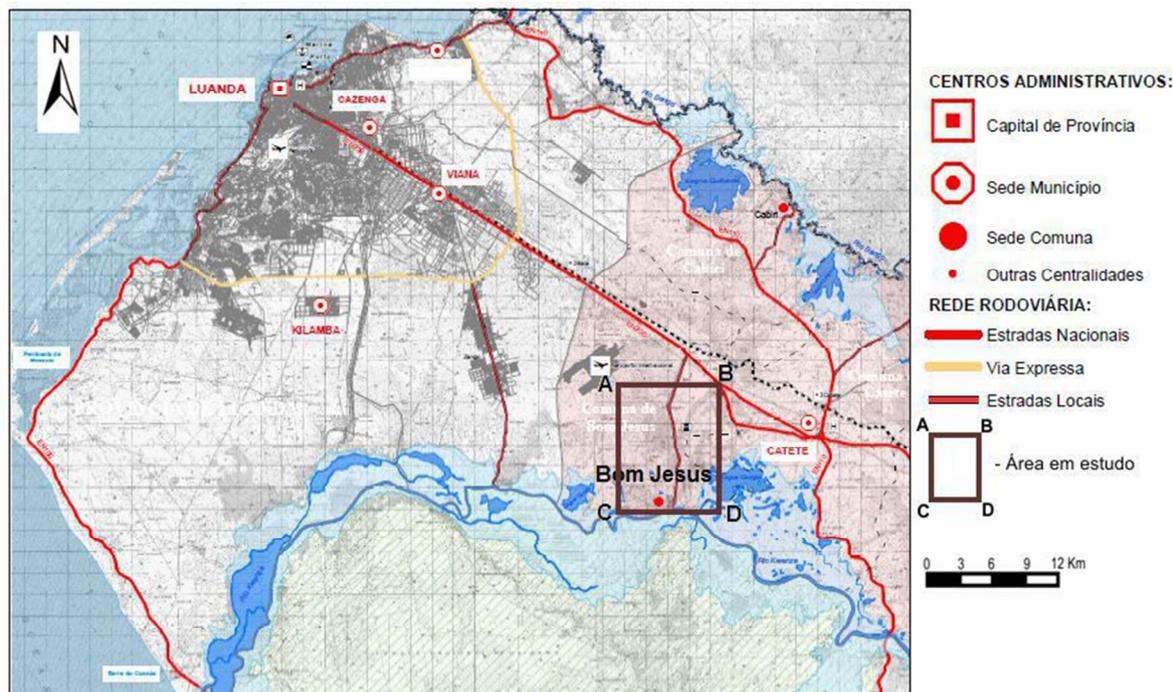


Fig. 1 - Localização da área em estudo (extracto da folha nº 108 SC-33/H-II do IGCA, escala 1:100 000)

Os resultados obtidos nos ensaios de laboratório realizados nas amostras dos 5 solos colhidos na área em estudo, assim como, a sua classificação para fins de engenharia, apresentam-se na Tabela 1. Com base nos parâmetros obtidos e relacionando com outros dados da região, tais como, geomorfologia, hidrologia, condições climáticas, coberto vegetal e actividades antrópicas pode-se efetuar um zonamento de riscos associados aos movimentos de terrenos.

Tabela 1 - Características físicas dos solos da região de Bom Jesus, Luanda.

Ensaio	Granulometria (% passada peneiro ASTM)				Limites de consistência				Classificação Geotécnica	
	nº 4 (%)	nº 10 (%)	nº 40 (%)	nº 200 (%)	w_L (%)	w_P (%)	I_P (%)	E.A. (%)	w (%)	Sistema Unificado
Amostra										
BJ1	100,0	100,0	89,30	79,10	53	26	27	12,3	12,0	CH
BJ2	98,08	89,60	37,99	0,91	–	NP	–	91,2	0,3	SP
BJ3	100,0	100,0	99,80	88,58	42	24	18	2,8	6,2	CL
BJ4	83,14	65,91	36,94	23,65	–	NP	–	32,9	1,6	SM
BJ5	100,0	100,0	81,83	28,35	–	NP	–	24,1	0,1	SM

REFERÊNCIAS

- [1]-Duarte, I.M.R., Contribuição para a cartografia geotécnica da região de Águeda, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Univ. Nova de Lisboa (1993) 2 volumes, 153p.
- [2]-Morais, M.L., Il cretaco inferiore del bacino del Kwanza (Angola), Tesi di Dottorato, Univ. Degli Studi di Napoli “FedericoII” (1993) 165p.

ARTIGO REF: 7016

DISTRIBUIÇÃO DOS CAMPOS PEGMATÍTICOS EM MOÇAMBIQUE: SUA LOCALIZAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E MINERALIZAÇÕES

João Manuel P.R. Marques^(*)

Gondwana Empreendimentos e Consultorias, Limitada - Maputo, Moçambique

^(*)Email: joaomarques@gondwana.co.mz

RESUMO

Em Moçambique os campos pegmatíticos distribuem-se a norte do paralelo 19° 30' de latitude sul e ocorrem em todas as províncias administrativas das regiões nordeste e noroeste do país, desde Sofala e Manica, a sul, até Cabo Delgado e Niassa, a norte. De acordo com o conhecimento existente, actualmente o maior e mais importante campo pegmatítico é o da região do Alto Ligonha, no centro da Província da Zambézia, descrito como se estendendo ao longo de 170 km, desde Mocubela, a sul, até ao Alto Ligonha, a norte [Marques, 1989].

Este campo pegmatítico e outros limítrofes formam o Distrito do Alto Ligonha que, em conjunto com o Distrito do Sul, constituem a Província Pegmatítica Zambeziana (Figura 1) [Leal Gomes *et al.*, 2016].

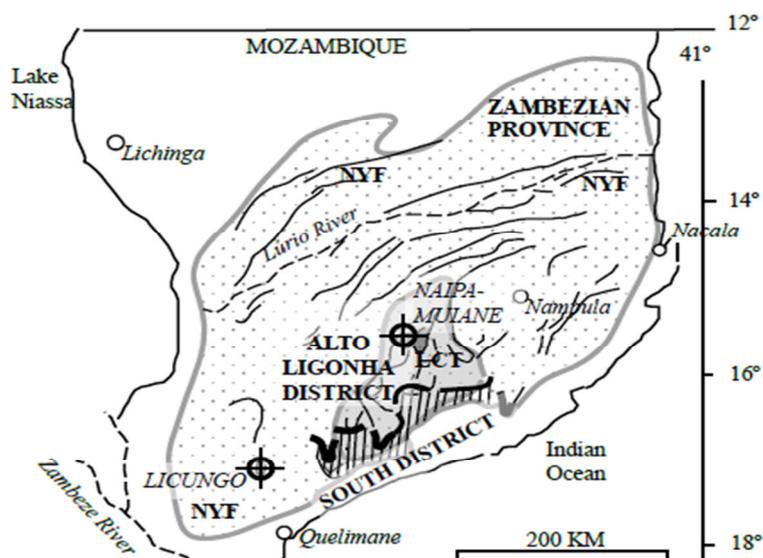


Fig. 1 - Distribuição geográfica dos Distritos do Alto Ligonha e do Sul pela Província Pegmatítica Zambeziana na região nordeste de Moçambique, com evidência para os lineamentos pan-africanos contornando os principais domínios daquela província (in Leal Gomes *et al.*, 2016).

Geralmente, os corpos pegmatíticos que se encontram na Zambézia e em Nampula pertencem a um dos dois grupos seguintes: i) grupo de composição química e mineralogia homogénea e ii) tipo zonado, com zoneamento mais ou menos desenvolvido.

Os pegmatitos do Distrito do Alto Ligonha apresentam geoquimicamente feição LCT (Li, Cs, Ta), com substituição hidrotermal extensa e são portadores de micas líticas e minérios ricos em tântalo. No contíguo Distrito do Sul, os pegmatitos apresentam paragénese primárias LCT ainda preservadas, com petalite e espodumena como vestígios de temperatura elevada e

tapiolite > tantalite > microlite como minérios dominantes [Dias *et al.*, 2008 in Leal Gomes *et al.*, 2016]. Tal sugere uma instalação próxima e subautóctone dos seus corpos pegmatíticos, localizados em rupturas tangenciais sob porções tectónicas dos Gnaisses de Mamala e de unidades litostratigráficas do Grupo do Molócuè, ambos pertencentes ao Complexo de Nampula, de idade mesoproterozóica.

O Campo Pegmatítico do Alto Ligonha é seguido na direcção nordeste pelos pegmatitos heterogéneos sodalíticos com amazonite (Santos/Monapo e Carapira) e pelo grupo de pegmatitos heterogéneos com turmalina (Tulua e Narengo), localizados nos Distritos administrativos do Monapo e de Nacala-a-Velha, na Província de Nampula [Marques, 1989].

Em Cabo Delgado existem pegmatitos na região de Mueda, pouco estudados e na Província do Niassa os mais conhecidos são os portadores de elementos raros e ocorrem nas regiões de Metarica e de Marrupa. Os pegmatitos da região de Marrupa são do tipo NYF (Nb, Y, F).

O Campo Pegmatítico de Marirongoè é o mais conhecido e famoso existente na Província de Tete. Com efeito, parece ser um dos mais completos campos pegmatíticos do tipo NYF, mostrando paragéneses peculiares com columbite, topázio, berilo nobre (variedades água-marinha e heliodoro), minerais metamíticos (monazite, xenotima, euxenite, samarsquite), amazonite, entre outros [Marques *et al.*, 2011]. Um outro local de ocorrência de pegmatitos nesta província é Mavúdzi, onde os mesmos são bem mineralizados em davidite, com teores médios em U_3O_8 de 9,6% e de cerca de 5% de Ce_2O_3 . Tete apresenta campos pegmatíticos espalhados pelos Distritos administrativos de Zumbo, Zâmbuè, Chioco, Cazula, Moatize, Changara e Zóbuè, entre outros.

Um dos campos mais recentemente descobertos no país estende-se pelos Distritos de Catandica e Guro, Província de Manica, com pegmatitos heterogéneos distribuídos por terrenos com idades paleoproterozóica (Grupo de Gairezi) e mesoproterozóica (Complexo do Báruè). Este grupo de pegmatitos produz gigaturmalinas de tipo elbaítico.

Finalmente, o Campo Aplito-Pegmatítico de Inchope-Doerói localiza-se no extremo ocidental da Província de Sofala e prolonga-se pela vizinha Província de Manica. É constituído por pegmatitos mineralizados em cassiterite e tantalite, os únicos deste tipo ocorrendo em Moçambique. A mineralização estanífera ocorre ainda em aplitos e zonas de *greisen* em gnaisses [Direcção dos Serviços de Geologia e Minas, 1974].

REFERÊNCIAS

- [1]-Direcção dos Serviços de Geologia e Minas, Notícia Explicativa da Carta de Jazigos e Ocorrências Minerais na escala 1:2 000 000, Imprensa Nacional de Moçambique, Lourenço Marques, Moçambique (1974), pp. 61.
- [2]-Leal Gomes, C., Moiana, M. & Marques, J.M., Regional framework for the distribution of LCT and NYF signatures in Zambezan pegmatites, Mozambique, Abstract 35th International Geological Congress, Cape Town, South Africa (2016), Paper #4085.
- [3]-Marques, J.M., O Campo Pegmatítico do Alto Ligonha: Estado actual e sua importância a curto prazo, Tese de Licenciatura, Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal (1989), pp. 291.
- [4]-Marques, J.M., Ferrara, M. & Măkitie, H., O Novo Campo Pegmatítico da Região de Marirongoè, Província de Tete, Moçambique, 6^o. Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia/3^o. Congresso de Engenharia de Moçambique, Maputo, Moçambique (2011), 769-770.

ARTIGO REF: 7046

CERTIFICAÇÃO DE PRODUTOS EM PEDRA NATURAL - A MARCA STONEPT

Célia Marques^{1(*)}, Miguel Goulão¹, Luís Lopes²

¹ASSIMAGRA - Associação Portuguesa dos Industriais de Mármore, Granitos e Ramos Afins; Cluster dos Recursos Minerais de Portugal, Lisboa, Portugal

²Departamento de Geociências, Universidade de Évora, Escola de Ciências e Tecnologia, Instituto de Ciências da Terra, Portugal; Cluster dos Recursos Minerais de Portugal. Évora, Portugal

(*)*Email:* cmarques@assimagra.pt

RESUMO

A pedra natural, com qualidade e passível de ser utilizada como rocha ornamental, é um recurso geológico abundante em Portugal, embora formalmente não haja um completo conhecimento deste potencial nem da efetiva qualidade de cada tipo de pedra explorado. No sentido de colmatar esta lacuna, foi desenvolvido um sistema de certificação, com o objectivo do reconhecimento internacional dos produtos de construção em pedra natural portuguesa, não só pelas suas características físicas e mecânicas, mas também pelo know-how transformador português. Este sistema de certificação, sustentado em especificações técnicas e em normas europeias harmonizadas para os produtos de construção que utilizam pedra natural, pretende cumprir um vazio existente no mercado no que diz respeito à garantia de origem e à garantia de qualidade associada aos processos de transformação e, não menos importante, a adequação do uso que cada tipo de pedra para diferentes aplicações. Todo este processo, assenta numa imagem de qualidade e confiança que está em larga promoção em todo o mundo - a Marca StonePT.

O processo de certificação da Marca StonePT, sustentado num projeto de qualificação das empresas do setor de rocha ornamental de Portugal, apoiado pelo COMPETE2020 / PORTUGAL2020, é conduzido através de quatro etapas essenciais: i) implementação; ii) avaliação; iii) gestão e, iv) certificação. Após a implementação dos requisitos específicos StonePT, as empresas passam por um processo de avaliação, que conduzirá a certificação do produto. Depois disso, a empresa terá de manter e gerir os mecanismos implementados de controlo dos processos.

A Marca StonePT para as empresas do setor das Pedras Naturais - designadamente do subsector de rocha ornamental pode ser concedida para três subsistemas, com selos distintos (CERTIFIED, VERIFIED E DOC).



CERTIFIED - É o selo de CERTIFICAÇÃO DO PRODUTO, utilizado na imagem da empresa. É atribuído à empresa que certifica os procedimentos de controlo de produção e as características físico-mecânicas, vitais para os corretos tipo de aplicação e dimensionamento de cada tipo de pedra, em conformidade com as especificações técnicas StonePT.



VERIFIED - É o selo de VERIFICAÇÃO AMBIENTAL DO PRODUTO de Pedra Natural Portuguesa com a vantagem de demonstrar que a

atividade da empresa é cumpridora dos requisitos ambientais, bem como assumir a melhoria contínua da sua performance ambiental.



DOC - É o selo CONTROLO DE ORIGEM da Pedra Natural, é atribuído através da classificação definida para cada tipologia de pedra (a matéria-prima original) que será equivalente/rastreada às estabelecidas através de instituições nacionais ou internacionais ao nível da nomenclatura, e é concedido à pedreira mediante prova por parte do produtor, do local de extracção, nomeadamente ao nível da localização geográfica e caracterização petrográfica. Tem a vantagem de acompanhar o produto, permitindo que empresas transformadoras adquiram bloco em bruto mantendo esta Marca distintiva.

Após a concessão da Marca StonePT, a empresa pode usar a imagem StonePT em suportes de comunicação com clientes, fornecedores ou como forma de demonstrar competência técnica.

O projeto permitiu implementar as especificações técnicas StonePT Certified em 20 empresas piloto, abrangendo 52 tipologias de pedra. Foram igualmente certificadas 18 pedreiras com o subsistema StonePT DOC e concedida a submarca StonePT Verified (Selo Ambiental) a 6 empresas, que demonstraram o cumprimento dos requisitos ambientais estabelecidos nas especificações de verificação ambiental de produto. Os resultados e outputs de projeto retratam um maior conhecimento sobre as características intrínsecas de cada pedra aplicada como no produto natural para construção. Conhecendo as suas limitações, a adequada aplicação em obra conduzirá a menores problemas e substancial diminuição de reclamações relacionadas com a aplicação final das mesmas.

O uso da marca StonePT, e das suas submarcas, abre caminho para o uso de uma nova linguagem, imparcial e credível, que pode ser utilizada para comunicar tecnicamente com os clientes, proporcionando-lhes uma maior confiança e mostrando-lhes um sistema de controlo funcional, que levará a fidelização do cliente. Tudo isso, certamente, contribuirá, de forma muito positiva, para o crescimento económico do setor da Pedra Natural em Portugal.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é cofinanciado pela União Europeia através do Sistema de Apoio a Ações Coletivas (Internacionalização), enquadrado no PORTUGAL 2020 através dos projetos “Internacionalização da Marca da Pedra Portuguesa - 2.ª Edição” com a referência POCI-02-0752-FEDER-014739 e “StonePT Project” do Sistema de Incentivos às Empresas (Qualificação) com a referência POCI-02-0853-FEDER-000045.

ARTIGO REF: 7048

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DA FAIXA DE CALCÁRIO DE CACUACO-LUANDA

António Maurício Baptista da Cruz^(*), Emanuel Saturnino de Sousa Oliveira, Francisco Manuel Pascoal, Edilson Romeu Guilherme, Cipriano Palanca Tchitanda, Magnesia Alipia Francisco Maria

Centro de Teledetecção e Gestão de Recursos Naturais, Faculdade de Engenharia, Universidade Agostinho Neto, Luanda, Angola

^(*)*Email:* mauricioescolhido33@live.com.pt

RESUMO

O calcário é uma rocha sedimentar que contém minerais de carbonato de cálcio em quantidades acima de 30% (calcite ou aragonite). Quando o mineral predominante é a dolomite, a rocha calcária passa a denominar-se de calcário dolomítico ou dolomito. Pode ainda conter menores quantidades de sílica, argila e outros minerais. As rochas calcárias são utilizadas em inúmeras aplicações, desde rocha industrial na construção civil, material para agregados, produção de cal, cimento, como matéria-prima na cerâmica estrutural ou decorativa, medicamentos, cosméticos, etc., sendo também muito utilizado na qualidade de rocha ornamental, revestindo fachadas exteriores e interiores de edifícios e monumentos por todo o mundo [Alves & Almeida, 2008].

As impurezas dos calcários variam na qualidade e quantidade. As principais impurezas que o calcário pode conter são: a sílica, argilas, fosfatos, carbonato de magnésio, gesso, glauconite, fluorite, óxidos de ferro e magnésio, sulfetos, siderite, sulfato de ferro, dolomite, matéria orgânica, entre outros. Sendo tantas e tão diversificadas, estas impurezas devem ser analisadas de modo a verificar-se como elas poderão alterar a qualidade da rocha, e conseqüentemente a sua eventual aplicação [Ferreira & Rossi, 2010]. Assim, surge o problema de desconhecimento da utilização mais conveniente do calcário em função das suas características.

Estudos mais recentes propõem métodos mais eficazes para caracterização do tipo de calcário, permitindo com maior precisão identificar o seu fim útil e economicamente rentável. Em Angola, devido à incipiente pesquisa científica e tecnológica nesta área, há pouca informação sobre as especificações do calcário, sendo pouquíssimas as indústrias viradas para sua utilização em áreas não tradicionais, aplicando-se apenas no fabrico de cimento e insumos agrícolas [Caon, 2012; Alcarde, & Barbin, 1978] recorrendo-se a importação de produtos acabados para aplicações não tradicionais, onerando assim os custos em matéria-prima para as indústrias e aumento de despesas em recursos cambiais.

Com a finalidade de contribuir para o aumento do conhecimento científico e tecnológico na área e região indicadas, neste trabalho faz-se a apresentação de uma metodologia de estudo com o objetivo de especificar rochas calcárias existentes em Angola, analisando as suas impurezas como possíveis factores limitantes ao aproveitamento económico dos calcários, principalmente quando utilizados para fins nobres. Propõe-se ainda a identificação e caracterização das principais ocorrências de rochas calcárias no país e criar um sistema de gestão das informações sobre o calcário caracterizado em Angola.

A Figura 1 apresenta um mapa atualizado com a distribuição geográfica das principais

concessões de calcário em Angola, informação fornecida pelo Ministério de Geologia e Minas de Angola. Como se pode constatar, pela análise da Figura 1, as concessões de calcário em Angola, concentram-se essencialmente na parte ocidental do país, desde das províncias mais a norte (Uíge, Luanda, Kuanza Norte), passando pelo centro (Kuanza Sul, Bié) até às províncias do sul do país (Benguela e Namibe), ocupando uma extensa área territorial, justificando por isso o estudo deste Recurso Geológico, o Calcário, tendo em vista a sua caracterização, especificação e valorização, contribuindo deste modo para o desenvolvimento económico e social do país de forma sustentada.

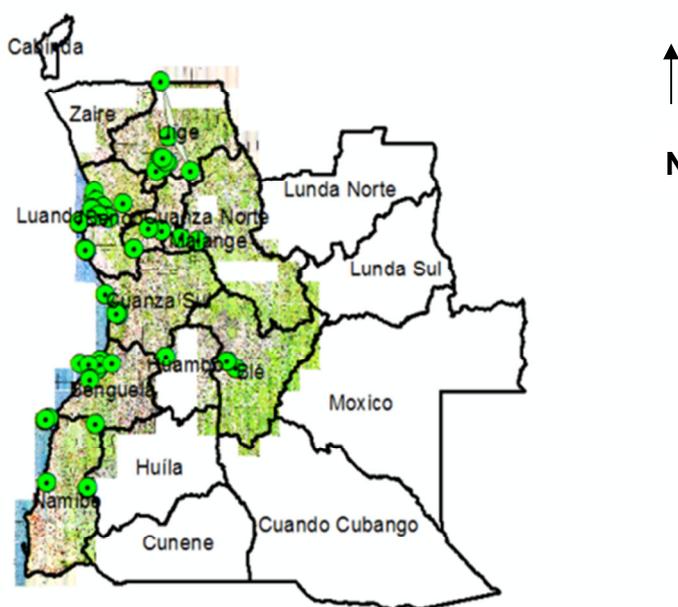


Fig. 1 - Mapa das Concessões de Calcário em Angola, pelo Ministério de Geologia e Minas.

REFERÊNCIAS

- [1]-Ferreira, L.M.C & Rossi, M.R, Determinação Qualitativa e Quantitativa de Amostras Calcárias Reais - Um Projecto de Análise Volumétrica e Térmica, (2010) 5-8.
- [2]-Caon, D, Especialização e Mapeamento da Fertilidade em Diferentes Camadas do Solo e Densidade Amostrais, (2012) 4-11.
- [3]-Alcarde, J.C & Barbin, D, Método Simplificado de Solubilização de Amostras de Calcário Agrícolas para a Determinação de Cálcio e do Magnésio, (1978) 512-517.
- [4]-Alves, S.J & Almeida, S.L.M, Calcário e Dolomito, Rochas e Minerais Industriais - Capítulo 16, (2008) 363-390.
- [5]-Centro Nacional de Pesquisa do Solo, Manual de Métodos de Análise de Solo, Revista Actualizada - Rio de Janeiro (1997).

PROCEEDINGS

CLME2017 / V CEM

8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia
V Congresso de Engenharia de Moçambique
Maputo (Moçambique), 4-8 Setembro 2017

SIMPÓSIO-8

Geotecnia no Património e no Ambiente

Coordenadores

Luís Andrade Pais^(*), Portugal), Paulo Carvalho^(*) e Luís Moreira Pinto^(*)
Universidade da Beira Interior (UBI)
Covilhã, Portugal

^(*)Editores Associados para os artigos deste Simpósio

ARTIGO REF: 6449

A IMPORTÂNCIA DO LICENCIAMENTO DE UMA ÁGUA MINERAL TERMAL PARA O DESENVOLVIMENTO ECONÓMICO-SOCIAL DE UMA REGIÃO: O CASO DAS TERMAS DE LONGROIVA-PORTUGAL

L.M. Ferreira Gomes^{1,2(*)}, P.J. Coelho Ferreira³, A. Sousa Oliveira^{3,4}, P.E. Maia de Carvalho^{1,2}

¹Universidade da Beira Interior, Dep.de Eng^a Civil e Arquitetura, Convento de Sto. António 6201-001 Covilhã;

²GEOBIOTEC, Universidade de Aveiro, Portugal

³Universidade da Beira Interior, Dep.de Eng^a Civil e Arquitetura, Convento de Sto. António 6201-001 Covilhã

³Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Dep.de Geologia, Qta de Prados 5000-801 V.Real

⁴Centro de Engenharia Mecânica da Universidade de Coimbra, Portugal

(*)Email: lmf@ubi.pt

RESUMO

A água sulfúrea de Longroiva, no Concelho de Meda, Distrito da Guarda em Portugal, é um recurso hídrico subterrâneo especial, que depois de licenciado como água mineral termal tem possibilitado apoios financeiros que de entre outros levaram à construção de uma Unidade Termal e ainda de um Hotel Rural, que num todo estão a potenciar a economia local de uma região do interior de Portugal que nas últimas décadas tem assistido a um sucessivo despovoamento. Há assim uma aposta num turismo de saúde que se baseia num recurso hidromineral.

A água sulfúrea de Longroiva está associada a fraturas muito extensas da família da megaestrutura geológica, Falha da Vilarça. O conhecimento daquela água já vem de muito longe, sendo referida no Aquilégio Medicinal de Fonseca Henriques, datado de 1726 (Fonseca Henriques, 1726). Ao longo do tempo ocorreram várias tentativas para a legalização das Termas, salientando-se que a fase mais intensa foi no último quarto do Séc. XX. Em 1975, no inventário hidrológico de Portugal, elaborado por Almeida e Almeida (1975), foram publicadas as primeiras análises químicas das águas de Longroiva. Foi já na década de 90 do Séc. XX que a Universidade da Beira Interior desenvolveu vários estudos nomeadamente hidrogeológicos (Ferreira Gomes, 1999, 2001) que acabaram por levar ao licenciamento daquela água, em 2004, como recurso hidromineral (água mineral para Termas), e ainda em 2010, com estudos no âmbito de aproveitamentos geotérmicos (Ferreira Gomes, 2010) levaram à classificação daquela água, como recurso geotérmico, com potencial uso em aquecimento de águas sanitárias e climatização de edifícios. Assim, aquele recurso hídrico subterrâneo é atualmente classificado em simultâneo como água mineral natural e recurso geotérmico.

O Plano de Exploração baseia-se na água quente explorada de um furo vertical com 211,7m de profundidade, com um caudal em artesianismo de 6,3 L/s e uma temperatura de 47,4⁰C. Dos trabalhos efetuados merece referência o estudo hidrogeológico global, que de entre outros, levou à definição do modelo geohidráulico concetual, e ainda ao estabelecimento do perímetro de proteção. Salienta-se que a percolação da água subterrânea ocorre essencialmente num sistema aquífero fissural de granitóides com vários filões e que na zona de descarga é equivalente a um aquífero do tipo semi-confinado.

Por fim, salienta-se a importância do recurso em estudo, pois, com a prática do termalismo nas suas várias vertentes (clássica, de lazer e bem-estar) fomenta o crescimento do turismo de

saúde, que é sem dúvida um setor estratégico para alavancar a economia de uma região que se encontra em recessão há várias décadas. Por outro lado, o facto da água em causa ser quente, permite contribuir para a melhoria do ambiente pois com o aproveitamento geotérmico na climatização dos edifícios (Termas e Hotel Rural) e no aquecimento de suas águas sanitárias minora-se o uso das energias convencionais e consequentemente minora-se o lançamento para a atmosfera de gases que contribuiriam para o efeito de estufa.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é apoiado financeiramente por fundos nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto GEOBIOTEC (UID/GEO/04035/2013).

REFERÊNCIAS

- [1]-Almeida, J. D. e Almeida, A. (1975). Inventário Hidrológico de Portugal - Beira Alta. Lisboa: Instituto de Hidrologia e de Lisboa, 1975. Vol. 3º Volume.
- [2]-Ferreira Gomes, L.M. (1999). Estudos, Notas e Trabalhos sobre recursos hidrominerais e geotérmicos das Termas de Longroiva. C. M. de Mêda. UBI (Relatório Interno); 60p.
- [3]-Ferreira Gomes, L.M. (2001). Estudo Hidrogeológico para enquadramento legal das Termas de Longroiva - Mêda. C. M. de Mêda. Abril. UBI (Relatório Interno); 47p.
- [4]-Ferreira Gomes, L.M. (2010). Qualificação da Água Mineral das Termas de Longroiva também como Recurso Geotérmico e Revisão do Plano de Exploração. C. M. da Mêda. Abril. UBI (Relatório Interno).50p.
- [5]-Fonseca Henriques, F. (1726). Aquilégio Medicinal. Edição fac-similada. Publicada por IGM, em 1998.Lisboa.

ARTIGO REF: 6503

COMPORTAMENTO DA ESTRUTURA DE CONTENÇÃO DO EDIFÍCIO PLATINUM EM MAPUTO

Izel Jacinto Issufo^{1(*)}, Alexandre da Luz Pinto², António M.G. Pedro³, Rui Tomásio²

¹Universidade de Coimbra, Dep. Engenharia Civil - Coimbra, Portugal.

²JET_{SI} Geotecnia, Lda., Lisboa, Portugal.

³Universidade de Coimbra, Dep. Engenharia Civil - Coimbra, Portugal.

(*)*Email*: izel_issufo@hotmail.com

RESUMO

O dimensionamento e escavação de caves de edifícios em ambiente urbano reveste-se usualmente de complexidade acrescida, visto que para além das especificidades requeridas pelo próprio projeto é necessário ter em consideração todas as condicionantes locais existentes. Estas, particularmente quando existem na periferia outros edifícios ou infraestruturas, impõem restrições ao projeto e condicionam fortemente as soluções construtivas a adotar já que a utilização de métodos tradicionais de suporte de estruturas de contenção fica limitada, quer pelas dimensões do edifício no caso de escoras, quer, sobretudo, pela impossibilidade de utilizar ancoragens dado que estas podem interferir com as condicionantes existentes. Nestes casos, é necessário recorrer a soluções construtivas inovadoras sendo uma das mais frequentemente utilizadas o top-down, ou método de construção invertida, onde são as próprias lajes do edifício que servem de apoio e suporte às pressões de terra aplicadas na estrutura de contenção periférica.

Neste artigo procurar-se-á enquadrar a problemática da escavação de caves em ambiente urbano apresentando-se o caso da construção da estrutura de contenção da torre Platinum em Maputo, Moçambique, onde foi utilizada a metodologia top-down para a construção das caves. Este edifício insere-se numa zona densamente urbanizada de Maputo, composta por edificações da época colonial e por infraestruturas sensíveis nas áreas circundantes (Figura 1a)). A oeste, encontram-se dois edifícios com 3 e 7 pisos elevados que condicionaram fortemente a solução encontrada e que obrigaram a cuidados adicionais para que a escavação não os danificasse. A Sul a escavação é limitada pela Embaixada da África do Sul, que também impôs algumas condicionantes ao projeto. Dos restantes lados o Edifício Platinum é limitado por arruamentos importantes de tráfego intenso. Por estes motivos, a solução construtiva foi altamente condicionada pelo facto de não se poder recorrer à utilização de ancoragens na zona dos edifícios e da embaixada sendo que, dadas as dimensões da escavação, a utilização de escoras também não era a mais adequada. Por este motivo a solução encontrada passou por utilizar diretamente as lajes do edifício como suporte para a realização da contenção. Assim, o faseamento construtivo seguiu a metodologia top-down, sendo em primeiro lugar construída a estrutura de contenção do edifício que era composta por estacas com 16 m de comprimento, diâmetro de 0,6 m e afastadas de 0,4 m, seguindo-se posteriormente a construção de uma banda de laje do piso térreo com 35 cm de espessura a todo o perímetro da escavação. Contudo, novas condicionantes obrigaram a que na zona da rampa de acesso ao estacionamento não pudesse ser construída a banda de laje tendo esta sido substituída por uma treliça metálica. Só após a construção deste apoio é que se procedeu à escavação até à profundidade desejada de 10 m.

Face a todas estas restrições o Plano de Instrumentação e Monitorização, PIM, inicialmente delineado constituiu uma ferramenta de importância crucial no acompanhamento de todo o faseamento construtivo, sendo possível monitorizar, através de alvos e inclinómetros dispostos em zonas críticas da escavação, o comportamento global da estrutura, garantindo assim a segurança da obra e efetuando uma gestão do risco apropriada à solução construtiva.

Neste artigo, para além dos aspetos relativos ao projeto e à sua execução, é analisado em detalhe o comportamento da escavação tendo por base os resultados da instrumentação efetuada. Por fim conclui-se acerca das vantagens e desvantagens da aplicação desta metodologia construtiva em escavações complexas e de como os trabalhos devem ser acompanhados por forma a garantir a segurança e o sucesso dos trabalhos.

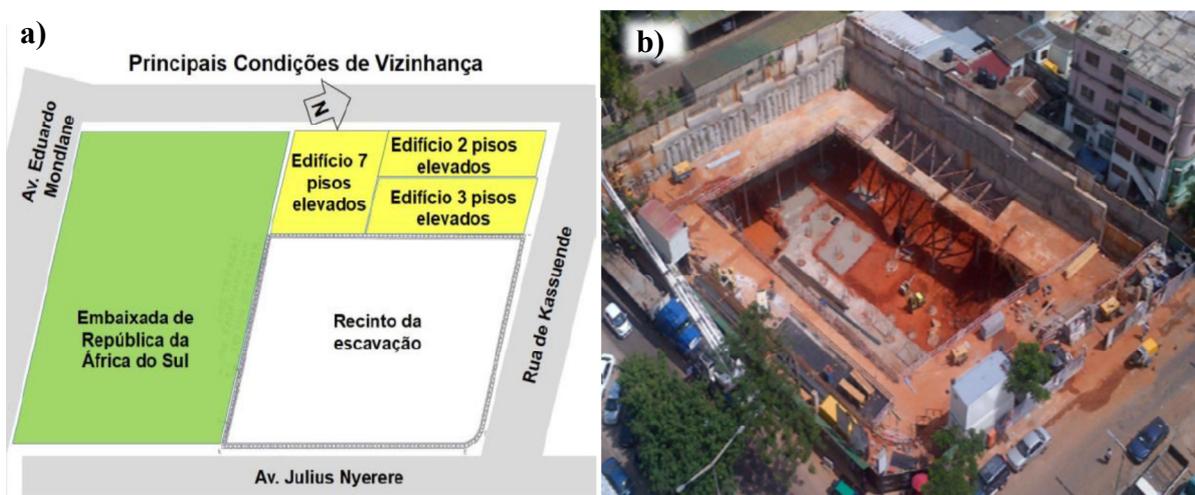


Fig. 1 - a) Ilustração da zona de escavação e da sua vizinhança; b) Imagem da obra concluída (Pinto, A. & Tomásio, R., 2013)

REFERÊNCIAS

[1]-Pinto, A. & Tomásio, R. (2013) "Projeto de Escavação e Contenção Periférica do Edifício Platinum em Maputo". JETSJ - Geotecnia, Lisboa.

[2]-Issufo, I. (2016) "Escavações em Meio Urbano Utilizando a Metodologia Top-Down. O caso da Torre Platinum em Maputo, Moçambique". Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra, Coimbra.

ARTIGO REF: 6623

ANÁLISE DO RISCO GEOTÉCNICO NO LITORAL ROCHOSO CARBONATADO DO BARLAVENTO ALGARVIO

José Viegas^{1(*)}, Luís Andrade Pais²

¹Universidade do Algarve, Departamento de Engenharia Civil, Faro, Portugal

²Universidade da Beira Interior, Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura, Covilhã, Portugal

(*)*Email*: jviegas@ualg.pt

RESUMO

As zonas costeiras rochosas caracterizam-se pelo predomínio de afloramentos do substrato rochoso, onde os aspetos morfológicos mais distintivos são a existência de arribas alcantiladas, plataformas litorais e praias de pequena dimensão. No caso do barlavento Algarvio, pelo facto do maciço rochoso carbonatado se apresentar muito heterógeno e anisotrópico, a orla costeira apresenta um modelado muito recortado. A morfodinâmica natural das arribas da orla costeira é governada pelas propriedades geomecânicas dos maciços rochosos expostos e pelos processos erosivos que sobre eles atuam, os quais podem ser subdivididos em: processos contínuos de erosão (*e.g.*, biológica, desintegração granular, alteração e dissolução química); e processos descontínuos e intermitentes de eventos de instabilidade por movimentos de massa, de difícil previsão espacial e temporal, com tipologias, frequência de ocorrência e magnitude/intensidade diversas, suscetíveis de provocarem o recuo instantâneo da linha de costa.

Os eventos de instabilidade de grande volume e suscetíveis de provocarem recuos instantâneos da linha de costa da ordem da dezena de metros ou superior apresentam, em geral, uma baixa frequência de ocorrência, ao passo que os pequenos desprendimentos, muitas vezes decimétricos e de difícil identificação, apresentam frequências relativamente elevadas. Embora se trate de eventos característicos da estação húmida, podem ocorrer roturas durante o período estival (Figura 1), quando o número de indivíduos expostos nas zonas de praia é mais elevado, sem que a sua ocorrência esteja explicitamente ligada a qualquer solicitação desencadeante de natureza meteorológica extrema (*e.g.*, tempestades marítimas).

Os desprendimentos e os colapsos são os tipos de eventos de instabilidade mais frequentes, seguidos dos basculamentos. Os primeiros, pelo facto de se processarem com velocidades elevadas e dos blocos poderem atingir maiores alcances, podem acarretar um risco elevado para os indivíduos e bens expostos em zonas de praia delimitadas por arribas subverticais.

O progressivo desenvolvimento do turismo nas áreas balneares, aliado ao facto de se tratar de praias de reduzida dimensão, tem conduzido a uma maior exposição dos banhistas à queda de blocos em zonas de mais elevada perigosidade, havendo uma necessidade crescente de avaliar o risco associado a este tipo de processos de instabilidade, com vista à adoção e aplicação de medidas de proteção de indivíduos e bens.

São muitos os fatores que condicionam a suscetibilidade e a perigosidade associada à ocorrência de movimentos de massa. Num mesmo setor costeiro, diferentes combinações de fatores condicionantes podem controlar diferentes tipologias de movimentos e mecanismos de rotura. Os setores talhados em maciços rochosos competentes tendem a apresentar uma maior resiliência a eventos meteorológicos extremos, ao passo que aqueles que expõem rochas brandas (*e.g.*, siltitos e calcarenitos pouco litificados) tendem a responder de forma quase

imediate a eventos de elevada energia, apresentando períodos de retorno inferiores e maiores taxas de erosão, com as superfícies de rotura a apresentarem um controlo estrutural limitado, sem uma estrita relação com planos de descontinuidade pré-existentes.

Neste trabalho, para identificar e quantificar a importância relativa dos parâmetros suscetíveis de condicionarem o comportamento das arribas alcantiladas da orla costeira, percebendo as interações existentes entre os parâmetros considerados, foi utilizado o método *Rock Engineering System* [Hudson, 1992], que é um método modulável, onde o número e o tipo de parâmetros utilizados pode ser escolhido em função dos objetivos pretendidos, de forma a hierarquizar o seu grau de importância e influência através da atribuição de pesos.

A análise da perigosidade associada à queda de blocos é uma tarefa complexa, à qual estão associadas incertezas que resultam das dificuldades encontradas na estimativa da probabilidade de ocorrência e na magnitude/intensidade dos eventos. No caso presente, a probabilidade de ocorrência foi estimada com base no histórico de eventos de instabilidade pretéritos e na identificação e análise de blocos rochosos em consola (por erosão diferencial e infraescavação basal pela abrasão marinha) e/ou delimitados por descontinuidades com orientação desfavorável, persistentes e abertas, observáveis na face e na crista das arribas, os quais constituem um importante indicador da probabilidade de rotura e permitem uma primeira estimativa do volume expetável da instabilidade [Viegas & Andrade Pais, 2016].

O risco individual de perda de vida nas zonas de praia com mais elevada perigosidade foi estimado com base na frequência anual de ocorrência de desprendimentos de determinada magnitude, na probabilidade dos blocos rochosos atingirem com uma dada energia cinética um determinado ponto X da zona de praia, e na exposição e vulnerabilidade dos elementos em risco; tendo-se verificado que o risco individual (probabilidade anual de perda de vida) pode ser superior a 10^{-4} /ano para um indivíduo que permaneça cerca de 22 ou mais horas por ano nas zonas com mais elevada perigosidade.

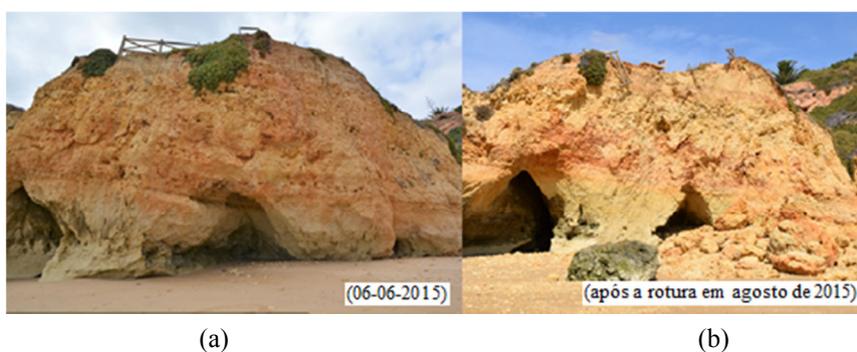


Fig. 1 - Praia Maria Luísa, em Albufeira: (a) antes da rotura; (b) após a rotura.

AGRADECIMENTO

Este trabalho é financiado por fundos nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto GEOBIOTEC - UID/GEO/04035/2013.

REFERÊNCIAS

- [1]-Hudson, J.A., *Rock Engineering Systems: Theory and Practice*, High Plains Press (JAH), (1992) 185 p.
- [2]-Viegas, J., Andrade Pais, L., *Metodologia para análise da suscetibilidade e perigosidade associada ao desprendimento de blocos rochosos na orla costeira alcantilada do Algarve*, 15º Congresso Nacional de Geotecnia (2016).

ARTIGO REF: 6681

ON THE CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL SANITARY SAFETY OF EDIBLE CLAYS

Celso Figueiredo Gomes^(*), Jorge Hamilton Gomes, João Baptista Silva

University of Aveiro, Depart. Department of Geosciences (GeoBioTec), Aveiro, Portugal

^(*)Email: cgomes@ua.pt

ABSTRACT

Healing clay or *curative clay* has been traditionally used by man, both orally for therapeutic or nutritional purposes, and topically for therapeutic or cosmetic purposes.

However, the frequent use of *healing clay* could impart some important health and skin care benefits and risks (Gomes, 2017).

Through ingestion clay particles could adsorb and make available, either for absorption and incorporation of bio-essential elements, or for elimination by excretion of any potential toxic elements or toxins being ingested or produced during digestion, and within the toxic elements heavy metals deserve to be enhanced.

Edible clay, a particular type of *healing clay*, has been traditionally used by man for nutritional and therapeutic purposes. The use of *edible clay* is a common practice in the so-called *geophagy*, the deliberate clay-eating, clay soil-eating, earth-eating, and pica (medical condition or eating disorder shown by individuals addicted to eat earth substances), that has been observed in all parts of the world since Antiquity, reflecting cultural practice, religious belief, and physiological needs, be they nutritional (dietary supplementation) or as a remedy for disease.

The habit of eating clay or clay soil, especially among pregnant women, is still a common practice in many countries of Africa (Mozambique included), America and Asia, and could be performed as previously prepared cookies sucked or crunched, as lumps crunched, or yet as beverage of clay water dispersion (*argillic water*). In Africa Tanzania, Nigeria, Guinea, Senegal, Cape Verde, Ivory Coast, Zambia, Ghana, Kenya, Swaziland, Mozambique and South Africa are some countries where eating clay is a current practice.

Clay or clay soil eating could provide, either benefits (antacid, gastrointestinal protector, anti-diarrhoea, laxative, homeostatic, emetic, and anti-anemic), or risks (heavy metals poisoning, bowels blockage, and microbial contamination) to human health. In regard to the health benefits attributed to *edible clays* the following should be enhanced: source of mineral micronutrients, protective material against pathogens and toxins (detoxification of noxious or unpalatable compounds present in diet), and antacid for gastric acidity compensation.

In regard to the health benefits and risks attributed to *edible clays* a significant number of studies can be found in the literature.

Much has been investigated about the physical, physicochemical and chemical properties of *edible clays*, but little is still known about their real health effects and consequences.

Clays such as those named kaolin, bentonite, palygorskite, sepiolite and talc are reported in Pharmacopoeias and commercialized in Pharmacies. Being considered medicines such clays

could participate in pharmaceutical formulations as active substances and/or as excipients (inert fillers or diluents, as a rule). Hence the sanitary control and safety, both chemical (particularly of heavy metals) and microbiological (particularly of pathogenic microorganisms) of *edible clays* traded through well identified and registered dealers, needs to be monitored and regularized to ensure compliance with general medical and pharmaceutical legal regulations in force. On this subject no specific legislation exists for *edible clays*, products that could be included into the concept of *ethnopharmaceutics* (Heinrich and Pieroni, 2011), and as so their compliance with the guidelines proposed in pharmacopoeias (EP 7.0, 2011; USP 36-NF 31, 2013) should be taken into account.

The international trade of *edible clays* could be well limited to very few duly certified pharmaceutical enterprises, able to guarantee their chemical and microbiological safety.

In general and in what *edible clays* are concerned they do not undergo any chemical and microbiological control. Several examples disclosed in specialized literature point out to the health risks attributed to *edible clays*, particularly to those sold in open markets. Health risks might come also from the water, not always chemically and/or microbiologically potable, used to prepare the “*argillic water*” beverage.

REFERENCES

- [1]-European Pharmacopoeia (7th edition) (2011), Directorate for the Quality of Medicines of the Council of Europe, Strasbourg, France.
- [2]-Gomes, C., Healing and edible clays: A review of basic concepts, benefits and risks, Environmental Geochemistry and Health, 2017 (*In press*).
- [3]-Heinrich, M. & Pieroni, A., Ethnopharmakologie der Albaner Südtaliens, Zeitschrift Fürphytotherapie, 22 (2001), 236-240.
- [4]-United States Pharmacopoeia 36-NF31 (2013), United States Pharmacopoeia 36 and National Formulary 31, US Pharmacopoeial Convention Rockville, MD (USA).

ARTIGO REF: 6738

PROSPEÇÃO GEOFÍSICA NAS RUÍNAS ROMANAS DE TRÓIA, PORTUGAL

António Correia^(*)

Instituto de Ciências da Terra, Universidade de Évora, Évora, Portugal

^(*)Email: correia@uevora.pt

RESUMO

Os métodos geofísicos constituem uma ferramenta importante em prospeção arqueológica. Na verdade, dependendo da escala da investigação arqueológica, a sua utilização é cada vez mais comum quer para estudos de detalhe de um dado sítio arqueológico ou para reconhecimento paisagístico ou ainda para planeamento de escavação. A relação entre as leituras geofísicas realizadas à superfície do solo com os objetos arqueológicos enterrados é complexa e a interpretação dos resultados obtidos com equipamentos geofísicos, não sendo uma imagem simples e bem definida de objetos arqueológicos enterrados, requer uma interação e colaboração intensas entre geofísicos e arqueólogos. A interpretação de dados geofísicos em contexto arqueológico requer, por isso, um grande conjunto de informações que vão desde fotografia aérea, mapas antigos, textos históricos e outras informações disponíveis. Só assim será possível chegar a uma interpretação arqueológica com significado a partir de campanhas de prospeção geofísica. Dentre os vários métodos geofísicos disponíveis os mais utilizados em arqueologia são o método magnético (perfis de intensidade magnética e susceptibilidade magnética), o método elétrico (perfis de resistência elétrica, de resistividade elétrica aparente e de tomografia de resistividade elétrica) e métodos eletromagnéticos (georadar). No estudo geofísico realizado nas Ruínas Romanas de Tróia foram apenas utilizados georadar e tomografias de resistividade elétrica.

Os perfis de georadar foram realizados com um equipamento GSSI SIR 3000 e uma antena de 400 MHz; os perfis de tomografia de resistividade elétrica foram realizados com um equipamento ABEM 1000 com uma adaptação para realização de perfis tomográficos. Os dois equipamentos pertencem ao Instituto de Ciências da Terra da Universidade de Évora. Para poder comparar os resultados de georadar com os resultados das tomografias de resistividade elétrica, os perfis de georadar (radargramas) e de resistividade elétrica (tomogramas) foram realizados na mesma direção e coincidentes (Figura 1 e Figura 2). Os perfis de georadar tiveram um comprimento entre 40 e 45 m enquanto os perfis de resistividade elétrica tiveram um comprimento de 39 m. Os perfis de resistividade elétrica foram realizados com uma configuração de Wenner, com 40 elétrodos espaçados de 1 m. O processamento dos dados de georadar foi realizado com o *software* RADAN 6.5 e os perfis de tomografia de resistividade elétrica foram processados com o *software* RES2INV.

De maneira genérica pode dizer-se que os resultados obtidos com o georadar e com as tomografias de resistividade elétrica apresentam uma boa concordância sendo, contudo, mais visíveis as grandes estruturas com as tomografias de resistividade elétrica e as pequenas com o georadar. De um ponto de vista qualitativo, o radargrama do Perfil 1 é menos complexo que o radargrama do Perfil 2; contudo, o tomograma do Perfil 1 é mais complexo do que o tomograma do Perfil 2. Considerando o conjunto dos dois métodos em cada um dos perfis

pode dizer-se que, de um ponto de vista arqueológico, a zona onde foi realizado o Perfil 2 parece ser mais interessante.

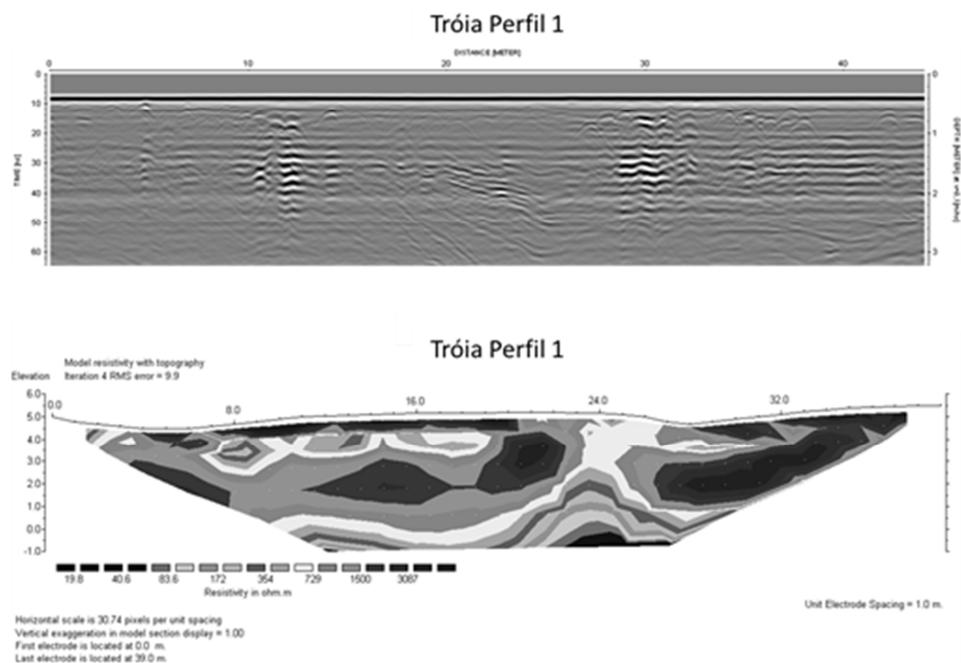


Fig. 1 - Perfis de georadar e tomografia de resistividade elétrica realizados ao longo do Perfil 1.

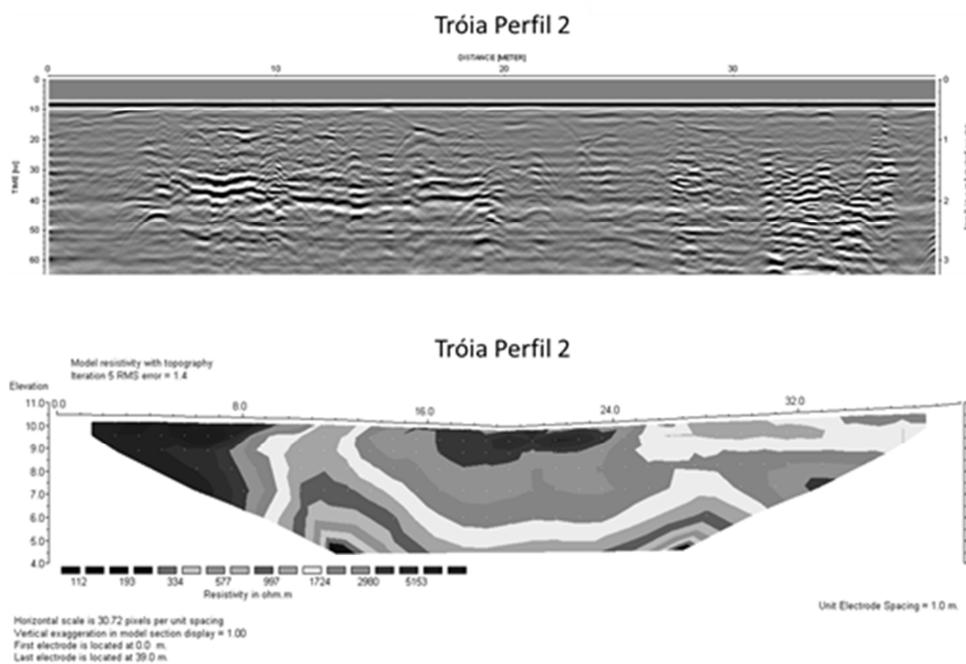


Fig. 2 - Perfis de georadar e tomografia de resistividade elétrica realizados ao longo do Perfil 2

ARTIGO REF: 6918

SOLUÇÃO DE CONTENÇÃO DE CAVES DE UM EDIFÍCIO DE GRANDE PORTE EM LISBOA - PORTUGAL

Rui Tomásio^(*), Alexandre Pinto, Catarina Fartaria, Xavier Pita

JetSJ Geotecnia, Lda., Lisboa, Portugal

^(*)Email: rtomasio@jetsj.com

INTRODUÇÃO

No presente artigo são descritos os principais critérios de concepção e de execução adoptados nas soluções de escavação e contenção periférica, necessários à construção dos 6 pisos enterrados do empreendimento FPM 41, executados na Avenida Fontes Pereira de Melo, nº 39 a 43, Lisboa.

A concepção arquitectónica do edifício a construir, previu um edifício com uma forma em planta irregular, criada pela justaposição de dois rectângulos, com uma área total de cerca de 1400 m² por piso. O edifício apresenta 17 pisos elevados, destinados essencialmente a comércio e escritórios, e 6 pisos enterrados para estacionamento.

O ambiente geológico prevalecente no local investigado envolve a ocorrência de substrato de fácies sedimentar datado do Miocénico, representando a unidade litoestratigráfica designada por Argilas dos Prazeres (MPr), recoberto dos materiais modernos de origem antrópica, denominados como depósito de aterros (At).

Atendendo aos principais condicionamentos existentes, optou-se por propor e por conceber uma solução de contenção periférica, com recurso à tecnologia de execução do tipo cortina de estacas e pontualmente à tecnologia “Berlim definitivo”, travadas através de ancoragens, escoramentos e bandas de laje, em função dos diversos condicionamentos identificados.

Na vista aérea da área da Figura 1, é possível identificar a implantação da obra, bem como algumas das mais relevantes confrontações e condicionamentos.



Fig. 1 - Localização da obra e principais condições relativas à envolvente

Na concepção das soluções, em particular a cortina de estacas e a contenção tipo “Berlim definitivo” (Figura 2), procurou-se, para além de assegurar a contenção dos terrenos a escavar, respeitar os seguintes pressupostos de base:

- Controlar as deformações nos terrenos, construções e infraestruturas envolventes à escavação, permitindo ainda a fácil adaptação da solução a eventuais singularidades de natureza geológica e geotécnica;
- Garantir a menor interferência possível com todas as estruturas e infraestruturas adjacentes, nomeadamente o túnel da Linha Amarela do Metropolitano de Lisboa e o parque de estacionamento subterrâneo, vizinho da escavação, assim como das demais construções e infraestruturas;
- Definir soluções com o menor custo associado possível, integrando, para tal e sempre que viável, os elementos necessários para a fase provisória na solução da fase definitiva.

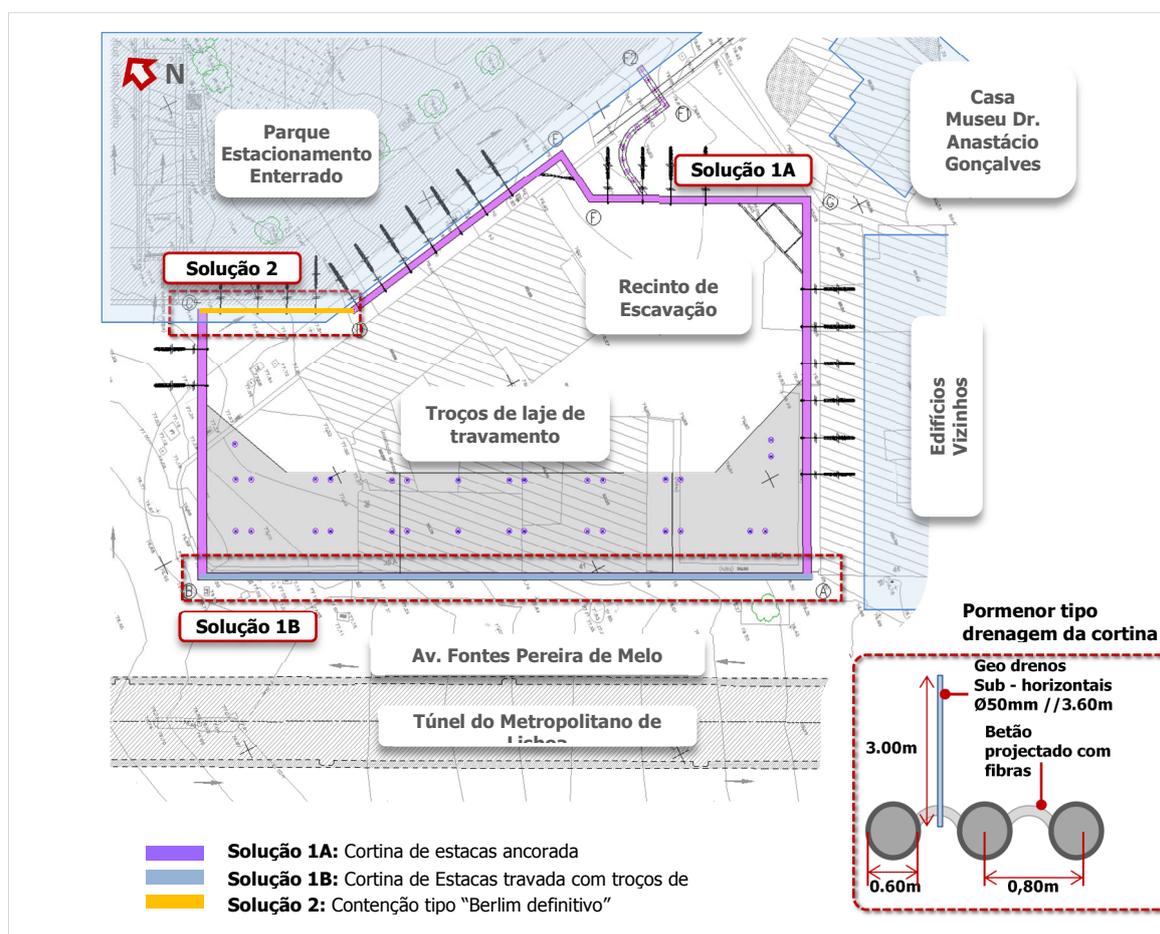


Fig. 2 - Planta da contenção e zonamento das soluções. Planta do pormenor da solução de drenagem da cortina.

ARTIGO REF: 6985

ENSAIOS CROSS-HOLE NAS CAMADAS DE PRAZERES - LISBOA

Mafalda Lopes Laranjo^{1(*)}, Jorge Carvalho², Manuel Matos Fernandes²

¹Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Escola Sup. de Tecnol. e Gestão (ESTG), Viana do Castelo, Portugal

²Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia (FEUP), Porto, Portugal

(*)*Email*: mlopes@estg.ipv.pt

RESUMO

As Camadas de Prazeres são uma formação geológica que cobre uma área significativa da zona nobre da cidade de Lisboa. Nas últimas décadas tem-se assistido a um considerável desenvolvimento do tecido urbano, com a construção de edifícios com significativo desenvolvimento em profundidade e altura, a construção de parques de estacionamento subterrâneo, e a expansão do Metropolitano de Lisboa. Estas são obras de cariz fundamentalmente geotécnico, que compreendem as referidas formações geológicas, pelo que a sua caracterização assume particular relevância. Este trabalho apresenta os resultados obtidos numa campanha de ensaios sísmicos entre furos, cross-hole, realizada num campo experimental no centro da cidade, no âmbito de um trabalho mais abrangente de caracterização destes solos, desenvolvido na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Apresenta-se os resultados de duas campanhas de ensaios cross-hole, realizados com diferentes equipamentos, para obter os parâmetros, módulo de distorção máximo, G_0 e o coeficiente de Poisson, ν , das referidas formações.

INTRODUÇÃO

As Camadas de Prazeres são uma formação argilosa pertencente à Série Miocénica, presente na Bacia do Baixo Tejo, na margem Oeste da placa Ibérica. Esta bacia formou-se no início do Terciário, quando a região se afundou entre falhas e os detritos colúviais provenientes das zonas periféricas se acumularam. A sua história geológica é bastante complexa e resulta da interação entre diversos eventos tectónicos e de oscilações do nível das águas do mar. O processo de sedimentação que deu origem às formações em estudo é considerado por alguns autores como um fenómeno contínuo que está ainda ativo (Antunes *et al.*, 2000). A Série Miocénica de Lisboa é considerada como um referencial na Europa Ocidental, devido à sua localização geográfica e à presença alternada de níveis continentais e marinhos, que possibilita o estabelecimento de uma rigorosa série de acontecimentos (Almeida, 1991).

A Série Miocénica, que resulta de 16 Milhões de Anos (M.A.) de sedimentação compreende diversas formações, que incluem solos duros a rochas brandas, e apresenta em alguns locais espessuras da ordem dos 300 m. De entre estas formações assumem particular relevância as formações argilosas, nomeadamente as Camadas de Prazeres, que constituem a base da Série e incluem argilitos, argilitos siltosos, argilitos margosos e margas (Zbyszewski, 1947).

Na Carta Geológica de Lisboa (Moitinho de Almeida, 1986) é possível verificar que as Camadas de Prazeres ocupam grande parte do subsolo da cidade, e se desenvolvem em áreas de elevado interesse patrimonial e histórico. A realização de obras de cariz geotécnico nestas áreas requer naturalmente que se conheçam com propriedade as características de resistência e deformabilidade das formações em estudo.

Incluídos num estudo sobre as características geotécnicas das Argilas Miocénicas de Lisboa realizado na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), foram efetuados ensaios num campo experimental e recolhida informação relevante acerca das propriedades destes solos (Lopes Laranjo, 2013).

Em primeiro lugar apresenta-se uma breve descrição das características físicas destes solos e dos trabalhos realizados no campo experimental. Em seguida apresenta-se os resultados dos ensaios sísmicos *cross-hole* (CHT) realizados, usando dois tipos de equipamento diferentes, e são discutidas as principais diferenças entre parâmetros obtidos a partir dos resultados de ambos. Para concluir apresenta-se uma comparação destes resultados com os resultados de outros ensaios realizados no mesmo local, no âmbito do trabalho identificado anteriormente, nomeadamente correlacionados com a informação disponível dos ensaios SPT.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

As características físicas das Camadas de Prazeres foram determinadas a partir de uma amostra em bloco cuidadosamente recolhida no campo experimental, tendo os ensaios de identificação sido realizados no Laboratório de Geotecnia da FEUP. As curvas granulométricas obtidas para cinco amostras apresentam-se na Figura 1 e a Tabela 1 resume os principais índices físicos. Os resultados vão de encontro ao que descreve a literatura para estes materiais, indicando tratar-se de argilas silteosas com valores médios de 56% de argila, de 41% de silte e 3%.

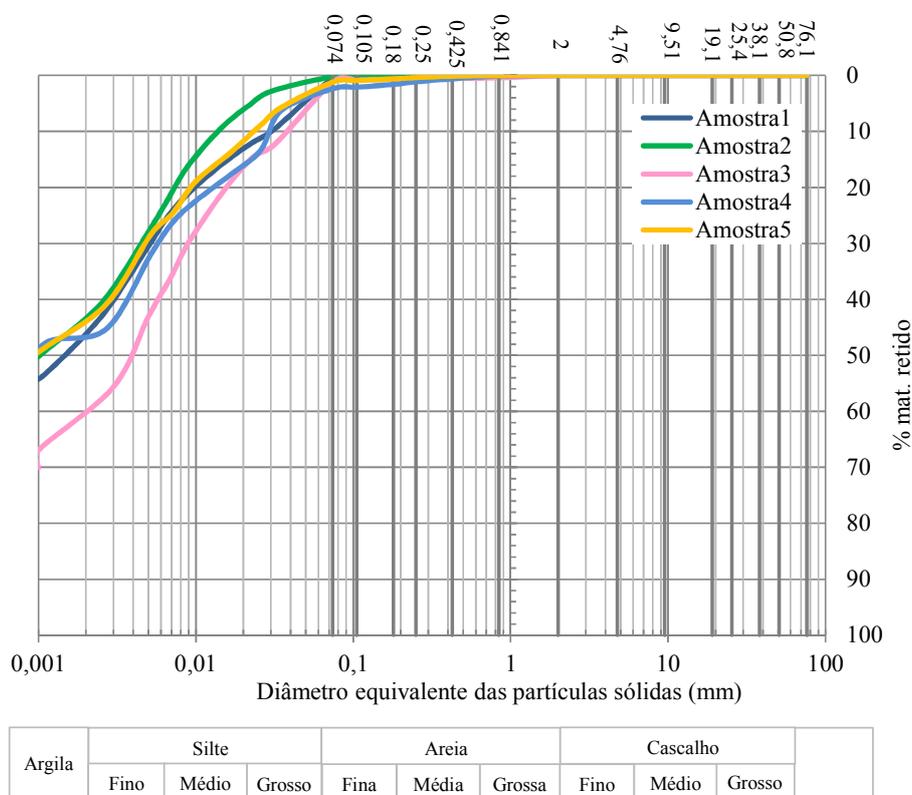


Fig. 1 - Curvas granulométricas das Camadas de Prazeres.

Tabela 1 - Valores médios das propriedades mecânicas.

#	w (%)	w _L (%)	IP (%)	G _s	γ _d (kN/m ³)	γ (kN/m ³)
1	24,1	54	31	2,78	15,2	18,8
2	22,8	51	29	2,79	16,5	20,3
3	17,6	44	23	2,81	15,0	17,7
4	21,7	52	26	2,75	16,0	19,5
5	20,4	48	23	2,77	15,1	18,8

A composição mineralógica das Camadas de Prazeres foi estudada por meio de análises semi-quantitativas por difração de raios-X (Brilha and Sequeira Braga, 1995, Albers et al., 2002, Scapin, 2003) realizadas quer em amostras totais quer apenas na fração fina (dimensão máxima inferior a 2 μm), e complementada por observações no microscópio eletrónico de varrimento (SEM). Os resultados mostram uma significativa percentagem de filossilicatos (mica) e quartzo, e a presença de feldspatos sódicos e potássicos, clorite, pirite e gesso em menores quantidades, como resume a Tabela 2.

Tabela 2 - Análises semi-quantitativas por difração de raios -X realizadas em amostras totais e fração fina.

Amostra	Clorite (%)	Albite (%)	Caulinite (%)	Quartzo (%)	Feldspato K (%)	Moscovite (%)	Calcite (%)	Pirite (%)
total	2	23	9	33	-	32	1	-
< 2 μm	3	12	9	40	7	27	-	9

ENSAIOS DE CAMPO

Descrição do campo experimental

O campo experimental escolhido situa-se em Lisboa, na Av. Visconde Valmor n.º 54 - 58, onde será construído um edifício de habitação multifamiliar. O projeto deste edifício inclui três caves e seis pisos elevados, envolvendo uma escavação com 25,0 m de largura por 27,0 m de comprimento e cerca de 10 m de profundidade. A Figura 2 mostra a localização do campo.

A análise de dois relatórios geológico-geotécnicos relativos a obras situadas nos cruzamentos da Av. 5 de Outubro com a Av. Elias Garcia e com a Av. Miguel Bombarda, sugeria que nessa zona a unidade Camadas de Prazeres surgia a uma profundidade relativamente baixa, de cerca de 3,0 m, pelo que o local pareceu bastante favorável tanto à realização de ensaios de campo como à recolha de amostras em bloco para ensaios laboratoriais.

Programa de ensaios

Os trabalhos de campo compreenderam dois furos de sondagem com cerca de 20 m de profundidade (S1 e S2), tendo sido em S1 realizados ensaios SPT a cada 1,5 m de avanço em profundidade; um furo (S3) onde foram realizados ensaios com o pressiómetro de Ménard (PMT) a 4 profundidades distintas e ainda um outro furo (S4) ao longo do qual se efetuaram ensaios com o pressiómetro autoperfurador (SBPT) a três diferentes profundidades. Para além destes ensaios, foram realizados ensaios sísmicos *cross-hole* (CHT), sobre os quais este trabalho incide. A Figura 3 mostra a vista em planta do campo experimental e a localização dos furos de sondagem descritos.



Fig. 2 - Localização do Campo Experimental

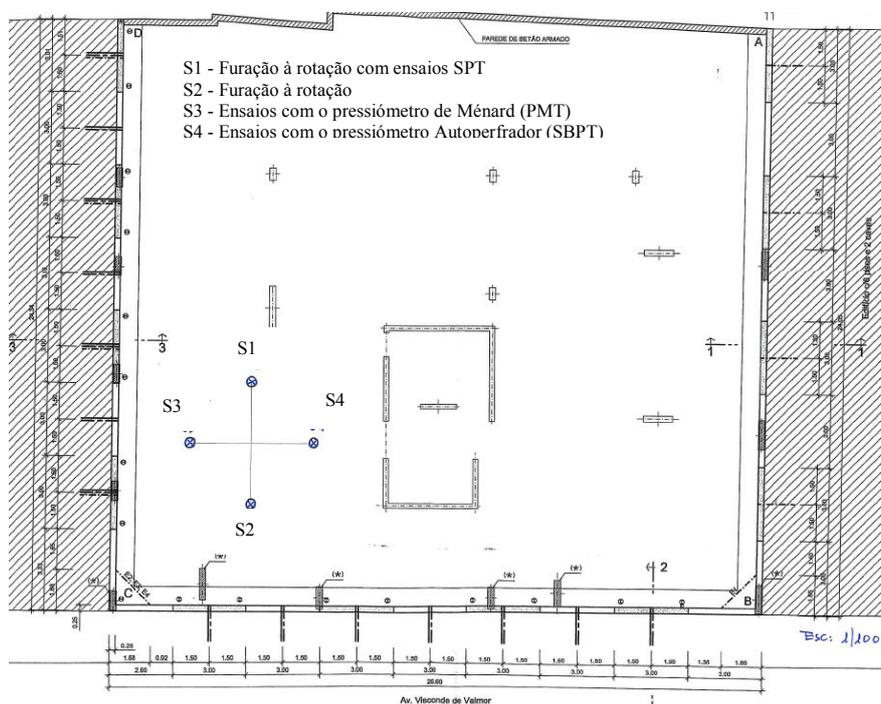


Fig. 3 - Vista em planta do Campo Experimental com localização dos trabalhos realizados.

A sondagem efetuada no local permitiu identificar a existência de uma camada superficial de aterro com fragmentos de cerâmica e confirmou a presença de formações miocénicas a partir de 3 m de profundidade. Os solos atravessados são constituídos maioritariamente por argilas e

argilas margosas com pequenos núcleos calcários entre 10,5 m e 13,5 m de profundidade, e apresentam cor amarelada à superfície, cinzenta clara entre 6,0 m e 13,5 m e mais escura, com laivos castanhos ou arroxeados a partir de 15,0 m. As camadas atravessadas foram identificadas como pertencentes à unidade geológica das Camadas de Prazeres.

Os ensaios SPT forneceram 60 ou mais golpes a partir de 4,5 m de profundidade e permitiram identificar uma zona mais rija, entre 6,0 m e 12,0 m de profundidade, em que a nega foi obtida logo na primeira fase do ensaio. Os restantes resultados correspondentes a 60 golpes apresentam profundidades de penetração reduzidas.

Ensaio Cross-Hole

Os ensaios sísmicos foram realizados entre três furos, com uma configuração triangular ilustrada na Figura 4, tendo sido obtidas três secções sísmicas, 3-1, 3-2 e 1-2, respetivamente, com a fonte colocada nos furos 3, 3 e 1 e os recetores nos furos 1, 2 e 2.

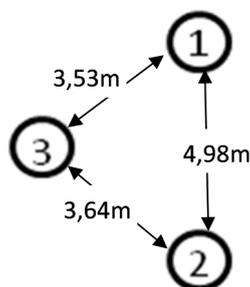


Fig. 4 - Configuração dos ensaios cross-hole realizados no campo experimental

Os furos de sondagem foram revestidos com tubos de PVC de 87 mm de diâmetro interior obturados na parte inferior e posteriormente selados ao maciço envolvente através da injeção de calda de cimento com areia no espaço anelar entre o tubo e o furo de sondagem. A instalação destes tubos foi feita cuidadosamente, com vista a garantir uma folga entre o tubo de PVC e o furo de sondagem não superior a 10 mm ou 15 mm. Os tubos de PVC utilizados apresentavam uniões do tipo UNI de modo a que nas ligações entre trechos diferentes o diâmetro do tubo não fosse alterado. Nas ligações entre trechos de tubo estes foram colados com um vedante e por cima da união foi colocada fita adesiva de alta resistência, com vista a impedir a entrada de calda de cimento no tubo, diminuindo a profundidade a que os ensaios pudessem ser executados. A Figura 5 mostra algumas imagens da instalação dos tubos.

Os ensaios *cross-hole* foram realizados em duas fases, por duas equipas diferentes e com equipamentos distintos.

Numa primeira fase, foram realizados ensaios entre os furos 3-1 e 3-2, entre as profundidades de 2 m e 18 m, a intervalos de 2 m, tendo-se obtido as respetivas secções de velocidades sísmicas para as ondas P e S. Para o efeito, foi utilizado o seguinte equipamento da FEUP: fonte de tipo *sparker*, com sonda modelo SH-66, da Geotomographie, acionada por um gerador de impulsos elétricos de 5000V, modelo IPG5000, um sistema de receção tri-axial de geofones, orientável, modelo BGK3 da Geotomographie, ligado a uma unidade de controlo remoto, e sismógrafo de 12 canais, modelo S12 SmartSeis, da Geometrics (Viana da Fonseca et al., 2005, Carvalho et al., 2008, Ferreira, 2009, Lopes Laranjo, 2013). Foi necessário encher os tubos de PVC com água, para possibilitar uma melhor transmissão do sinal gerado pelo *sparker*.



Fig. 5 - Montagem dos tubos de PVC para ensaios sísmicos no campo experimental: (a) aspeto geral da furação; (b) colocação da calda de cimento; (c) tubos com ligações UNI; (d) base do tubo obturada; (e) colocação de cola nas uniões entre trechos; (f) proteção das uniões com fita adesiva de alta resistência.

A sonda *sparker* desce no furo de sondagem montada num suporte que inclui uma bússola para controlar a orientação do impacto e possui uma membrana insuflável que permite fixá-la à parede do tubo de revestimento do furo, à profundidade desejada. O sistema tri-axial de geofones também possui uma membrana insuflável para poder ser fixado no outro tubo à mesma profundidade da sonda *sparker*. Este sistema tem os seus três geofones componentes orientados em três direções ortogonais (X, Y e Z) enviando os sinais gerados para o sismógrafo, ao qual está ligado, de forma a poderem ser visualizados e armazenados. Nestes ensaios, o geofone vertical (Z) ficou ligado ao canal 1, o geofone horizontal alinhado perpendicularmente à direção entre furos (X) ficou ligado ao canal 2 e o geofone horizontal alinhado na direção entre furos (Y) ficou ligado ao canal 3.

O geofone vertical (Z) registará preferencialmente ondas de corte S, polarizadas verticalmente, SV, o geofone horizontal (X) ondas S polarizadas horizontalmente, SH, e o geofone horizontal (Y), ondas de compressão, P. Com este propósito, a direção de atuação da

sonda *sparker*, especialmente adequado para geração de ondas S polarizadas horizontalmente, SH, deverá ser perpendicular à direção entre furos. A cada profundidade ensaiada são feitos dois disparos com orientações desfasadas de 180°, com vista a inverter a polaridade das ondas S, o que facilita a identificação do seu tempo de chegada. O disparo do impulso é feito desde a superfície, através da referida unidade de controlo. Verificou-se ser possível detetar, por vezes muito claramente, a chegada de ondas P. A Figura 6 mostra algumas fotografias do ensaio.



Fig. 6 - Alguns aspetos da execução dos ensaios CH, com *sparker*, no campo experimental: (a) gerador de impulsos e unidade de controlo; (b) sismógrafo; (c) calha com bússola para *sparker* nas ondas S; (d) sistema de aquisição tri-axial; (e) sonda *sparker*; (f) aspeto geral da sonda *sparker* instalado no furo.

Numa fase posterior, e com o objetivo de estudar a eventual anisotropia no maciço, foi realizado outro conjunto de ensaios *cross-hole*, utilizando como fonte sísmica um martelo gravítico bi-direcional de impacto vertical, como mostra a Figura 7. Esta fonte é especialmente concebida para a geração de ondas S polarizadas verticalmente, SV. Nesta campanha os ensaios foram realizados entre os furos 3-1, 3-2 e 2-1, entre as profundidades de 2 m e 16 m, a intervalos de 1 m, tendo sido obtidas os respetivos perfis de velocidades sísmicas para ondas P e S. Para o efeito, foi utilizado o seguinte equipamento da FEUP: fonte

de tipo martelo gravítico bi-direcional, da GISCO, um sistema de receção tri-axial de geofones, orientável, modelo BHG-3 da Geostuff e sismógrafo de 12 canais, modelo S12 SmartSeis, da Geometrics.



(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 7 - Alguns aspetos da execução dos ensaios CH, com o martelo gravítico, no campo experimental: (a) sistema de aquisição tri-axial; (b) introdução no furo do sistema de geofones; (c) martelo gravítico e bomba de ar; (d) Aspeto geral do ensaio.

Previamente à realização dos ensaios foi necessário retirar a água do interior dos furos com o auxílio de uma bomba submersível. Com este equipamento, tanto o martelo como o sistema de aquisição são fixados desde a superfície ao interior dos tubos de revestimento respetivos e

à profundidade desejada, através de mecanismos de fixação compostos por uma câmara-de-ar insuflável, no caso do martelo e por uma mola metálica acionada por um sistema mecânico, no caso do sistema de aquisição. A fixação do martelo é realizada com o auxílio de uma bomba de ar manual, que também se mostra na Figura 7.

O sistema de aquisição possui uma bússola, devendo ser configurado antes do início do ensaio em função da orientação dos furos onde serão instalados o emissor e o recetor. A cada nível de profundidade de fixação, o sistema de geofones é orientado de forma mecânica, desde a superfície.

O martelo é acionado manualmente desde a superfície, com movimento vertical descendente ou ascendente, de modo a ser possível obter ondas SV com polaridades opostas, de forma a facilitar a posterior deteção do respetivo tempo de chegada.

RESULTADOS DOS ENSAIOS CROSS-HOLE

Ensaio com fonte tipo *sparker*

A Fig. 8(a) mostra os perfis de velocidade de propagação das ondas P, V_p , nos ensaios sísmicos realizados. À profundidade de 2,0 m não foi possível identificar o respetivo tempo de chegada. Como se pode observar, a velocidade das ondas ao longo do perfil varia entre cerca de 1500 m/s e 2500 m/s. O valor de 1500 m/s, obtido a 4 m de profundidade está, muito provavelmente, relacionado com a localização do nível freático. O aumento de velocidade, a 6 m de profundidade, corresponde à zona onde também aumenta o número de golpes do SPT, ao passar da zona de argila cinzenta esverdeada para a argila margosa com negra na primeira fase do ensaio e apenas 9 cm de penetração. A velocidade diminui aos 8 m, para depois voltar aos valores próximos de 2500 m/s e voltar a diminuir a partir dos 14 m.

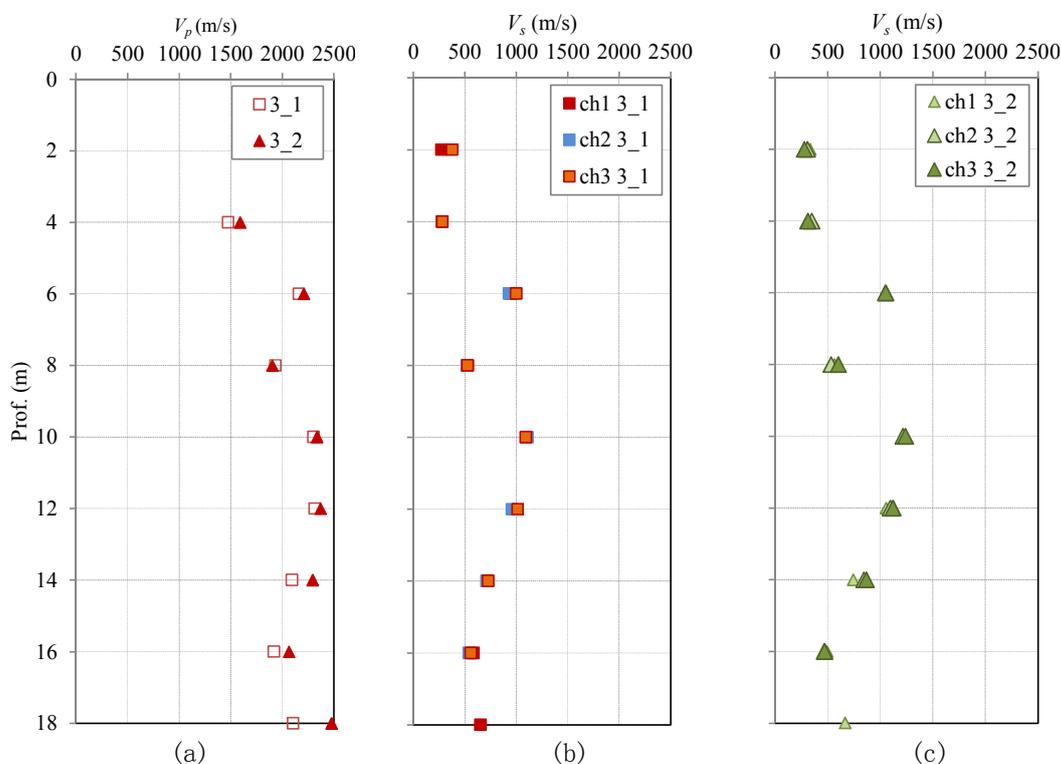


Fig. 8 - Velocidade de propagação das ondas sísmicas, nos ensaios realizados no campo experimental, entre os furos 3 e 1 (3_1) e 3 e 2 (3_2) usando a fonte tipo *sparker*: (a) ondas P; (b) ondas S nos três canais (3_1); (c) ondas S nos três canais (3_2)

As Figuras 8(b) e 8(c) mostram a variação da velocidade de propagação das ondas S medida nos três canais, nas duas secções realizadas com a fonte tipo *sparker*. As velocidades das ondas S e P são muito semelhantes nos três canais, tendo ambos os tipos de onda uma evolução em profundidade também muito semelhante. Na Figura 9 mostra-se, para cada canal recetor, a variação da velocidade das ondas medidas nos dois ensaios.

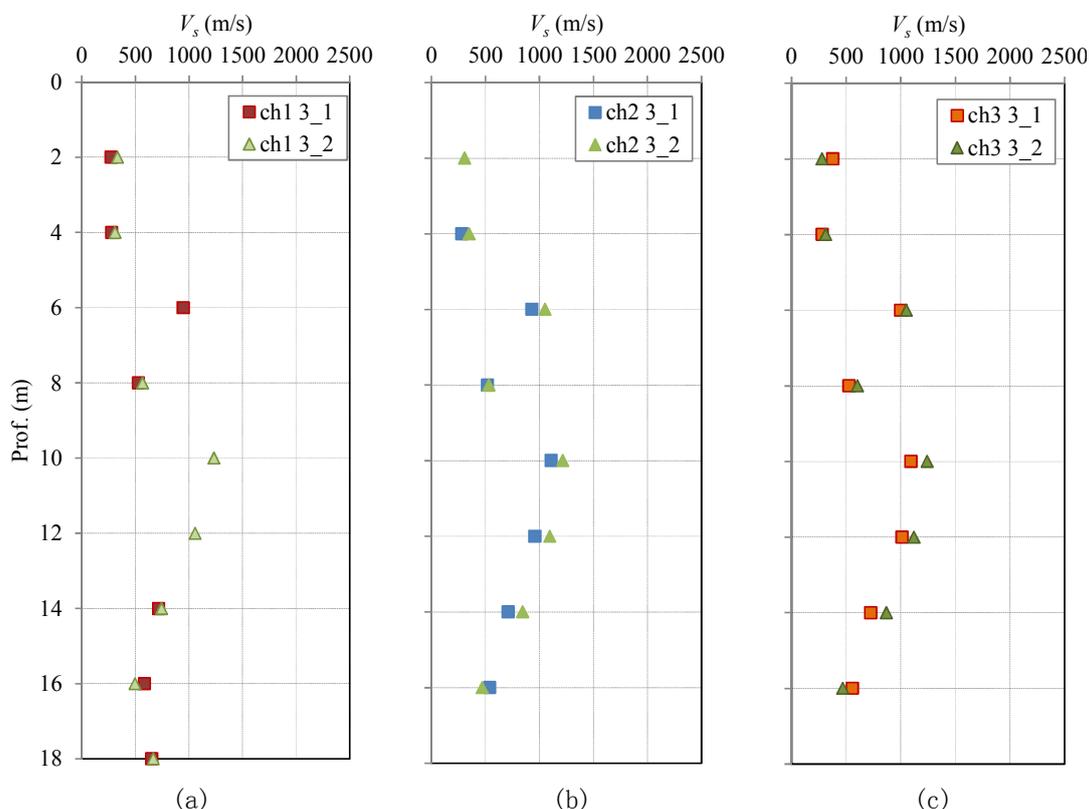


Fig. 9 - Velocidades de propagação das ondas S medidas no campo experimental nos canais 1, 2 e 3 nos dois ensaios, usando a fonte tipo *sparker*: (a) canal 1; (b) canal 2; (c) canal 3

Em relação à primeira campanha de ensaios usando a fonte tipo *sparker*, as velocidades de propagação das ondas S medidas nos três canais do sistema tri-axial foram bastante semelhantes, não tendo sido possível detetar qualquer efeito da eventual anisotropia do material. Uma vez que a onda foi emitida com polarização horizontal e supostamente com orientação perpendicular à direção entre furos, seria expectável que a amplitude do sinal recebido fosse maior no canal 2 (horizontal e perpendicular à direção entre furos) do que nos outros, mas tal não se verificou. Esta situação pode dever-se a imprecisões aquando da orientação quer do sistema tri-axial quer da sonda *sparker* às diversas profundidades ou ao facto de o impacto do gerador possuir elevada energia para uma distância entre furos relativamente pequena.

Dado que os níveis de deformação associados aos ensaios sísmicos são muito pequenos, é aceitável considerar que o solo tem comportamento linear elástico, pelo que a velocidade de propagação das ondas S pode ser relacionada com o módulo de distorção máximo, G_0 , de acordo com a equação 1:

$$G_0 = \rho \cdot V_s^2 = \frac{\gamma}{g} \cdot V_s^2 \quad (1)$$

O coeficiente de Poisson, (ν_{din}), pode ser aferido pela seguinte relação entre as velocidades de propagação das ondas P e S, equação 2:

$$\nu = \frac{V_P^2 - 2V_S^2}{2(V_P^2 - V_S^2)} \quad (2)$$

A Figura 10 mostra a evolução em profundidade do coeficiente de Poisson (ν_{din}) e do módulo de distorção máximo (G_0) obtidos com a fonte tipo *sparker*:

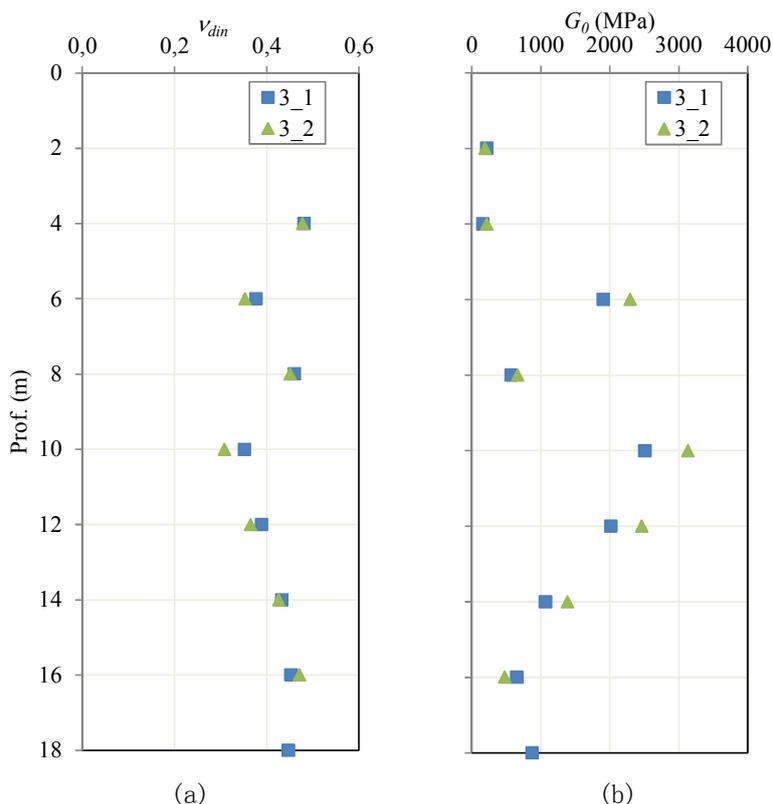


Fig. 10 - Coeficiente de Poisson (ν_{din}), e módulo de distorção máximo (G_0), obtidos nos ensaios sísmicos entre furos realizados no campo experimental usando a fonte tipo *sparker*.

Ensaio com o martelo gravítico

Na segunda campanha, utilizando o martelo gravítico, os ensaios foram realizados a intervalos de 1,0 m, colocando o emissor no furo 3 e o recetor nos furos 1 e 2 e ainda com o emissor no furo 1 e o recetor no furo 2, de modo a fechar um polígono. Os resultados obtidos para a velocidade de propagação das ondas P mostram bastante coerência entre os três pares de furos, como pode observar-se na Figura 11. A velocidade de 1500 m/s aos 4,0 m de profundidade coincide de novo com a posição estimada para o nível freático, e a comparação desta com a Figura 8a permite verificar que os dois equipamentos forneceram velocidades de propagação semelhantes, embora com algumas discrepâncias pontuais.

A Figura 12 mostra os perfis de velocidades Vs obtidos nos três pares de furos e medidos nos três canais. Tal como com os resultados dos ensaios com o *sparker*, não se encontram diferenças significativas entre as velocidades medidas nos diferentes canais.

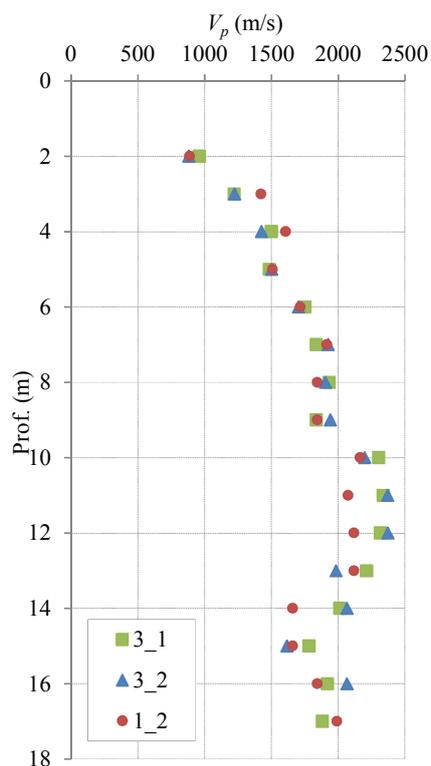


Fig. 11 - Velocidades de propagação das ondas P nos ensaios realizados no campo experimental entre os furos 3 e 1 (3_1), 3 e 2 (3_2) e 1 e 2 (1_2) usando o martelo gravítico.

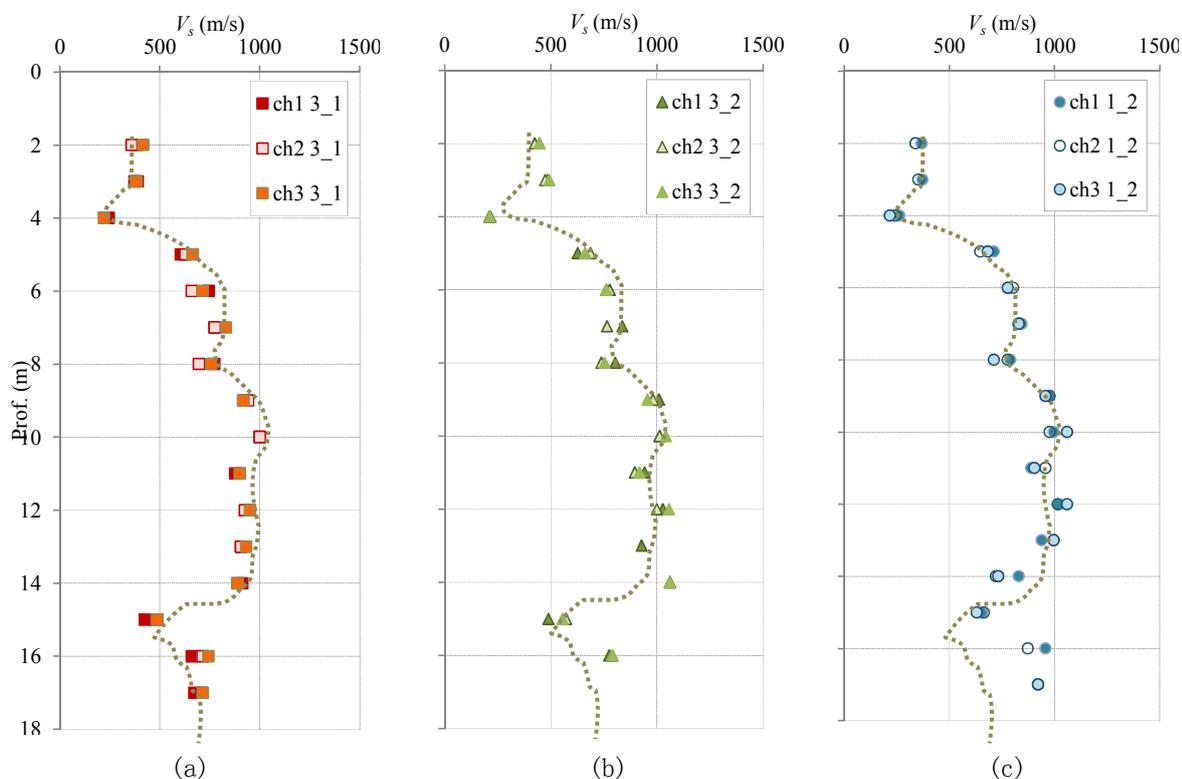


Fig. 12 - Velocidades de propagação das ondas S medidas nos três canais nos ensaios realizados no campo experimental, usando o martelo gravítico: (a) entre os furos 3 e 1; (b) entre os furos 3 e 2; (c) entre os furos 1 e 2.

Outro aspeto que merece atenção é o facto de os perfis de velocidade serem bastante semelhantes para os três pares de furos, como procuram ilustrar as linhas a tracejado sobrepostas aos gráficos. A velocidade de propagação das ondas S mostra uma diminuição a 4,0 m de profundidade, coincidente com a localização do nível freático, e em seguida tende a aumentar ligeiramente com a profundidade, diminuindo para profundidades próximas de 15,0 m.

Uma vez mais, a concordância entre os valores medidos nos três canais para cada par de furos é notória. Esta homogeneidade de resultados permite definir um perfil médio representativo de v_{din} e G_{din} para cada canal, calculado com base na média dos tempos de chegada das ondas S e na média das distâncias entre o emissor e o recetor, que se mostra na Figura 15.

O coeficiente de Poisson dinâmico e o módulo de distorção máximo, medidos nos três canais para os três pares de furos, apresentam-se respetivamente nas Figuras 13 e 14.

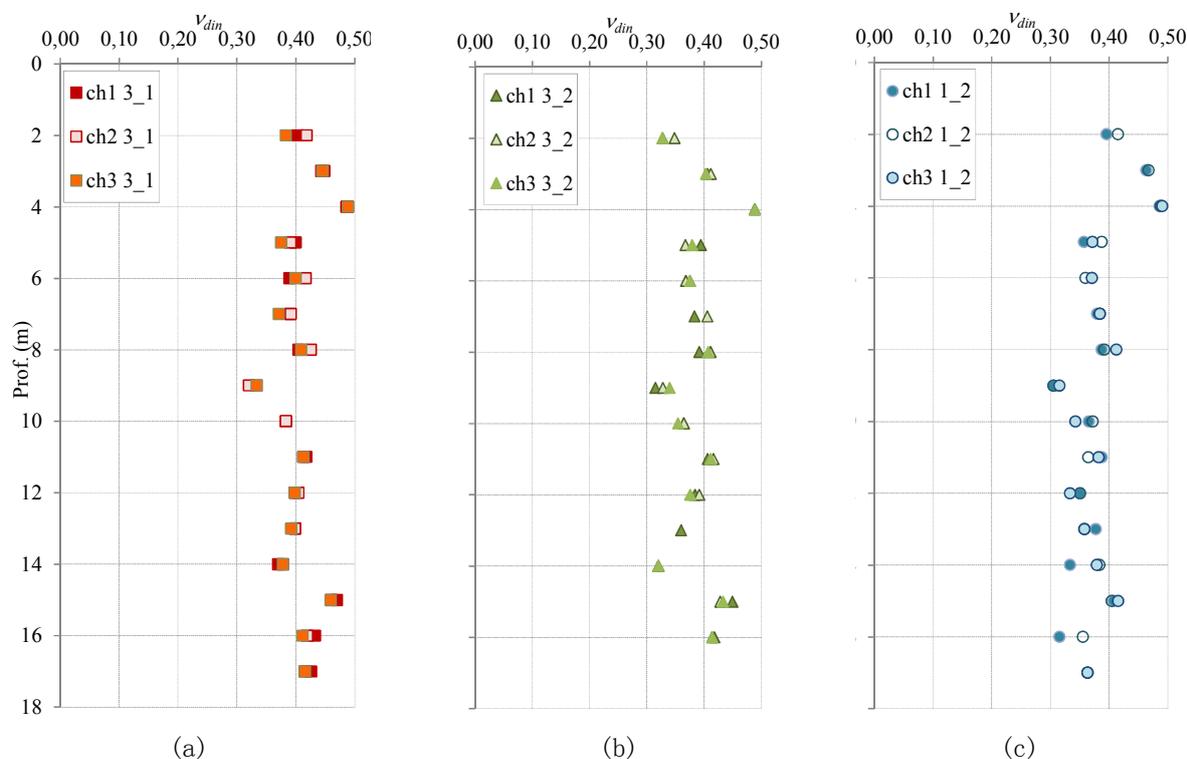


Fig. 13 - Coeficiente de Poisson dinâmico medido nos três canais nos ensaios realizados no campo experimental usando o martelo gravítico: (a) entre os furos 3 e 1; (b) entre os furos 3 e 2; (c) entre os furos 1 e 2.

O coeficiente de Poisson a 4,0 m de profundidade é igual a 0,5, o que confirma a posição do nível freático e para maiores profundidades não varia significativamente. O módulo de distorção máximo é mais baixo nas camadas mais superficiais e aumenta substancialmente entre 9,0 m e 13,0 m de profundidade, onde o log da sondagem identificou a presença de argila margosa cinzenta clara e o ensaio SPT forneceu nega na 1ª fase, com baixa profundidade de penetração.

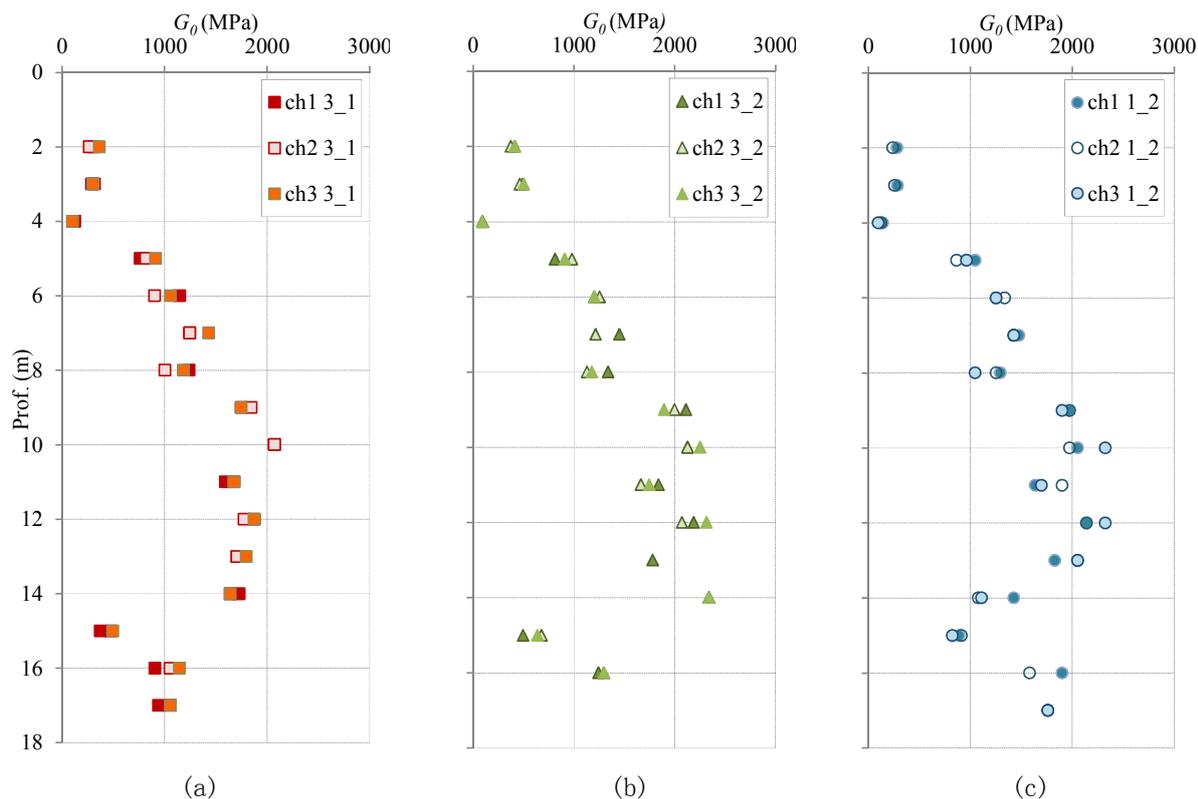


Fig. 14 - Módulo de distorção máximo medido nos três canais nos ensaios realizados no campo experimental usando o martelo gravítico: (a) entre os furos 3 e 1; (b) entre os furos 3 e 2; (c) entre os furos 1 e 2.

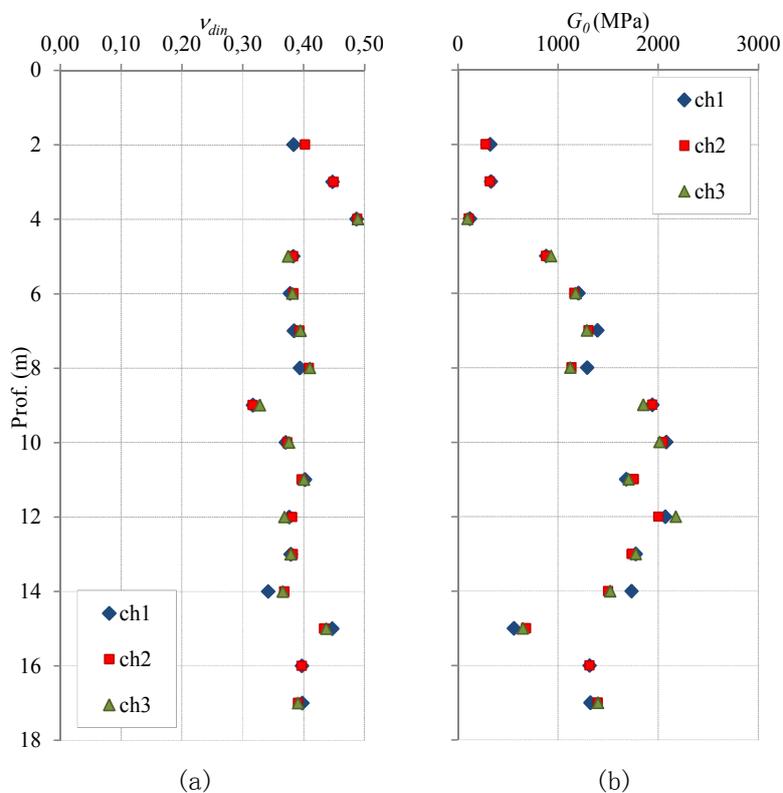


Fig. 15 - Valores calculados com base na média dos tempos de chegada das ondas S e das distâncias percorridas pelas ondas nos três pares de furos nos ensaios realizados no campo experimental, usando o martelo gravítico: (a) coeficiente de Poisson dinâmico; (b) módulo de distorção máximo.

5. CONCLUSÕES

A comparação dos resultados obtidos com a fonte tipo *sparker* e com o martelo gravítico mostra-se na Figura 16, que apresenta as velocidades de propagação das ondas P e das ondas S obtidas nas duas campanhas de ensaios. De uma maneira geral os resultados são muito semelhantes, embora com algumas discrepâncias pontuais, o que aponta para que a energia do impacto influencie a amplitude e conteúdo em frequências das ondas mas não altere os tempos de chegada. Com os dois tipos de fonte, tanto para as ondas P como para as ondas S, os resultados são genericamente coincidentes, nas várias profundidades.

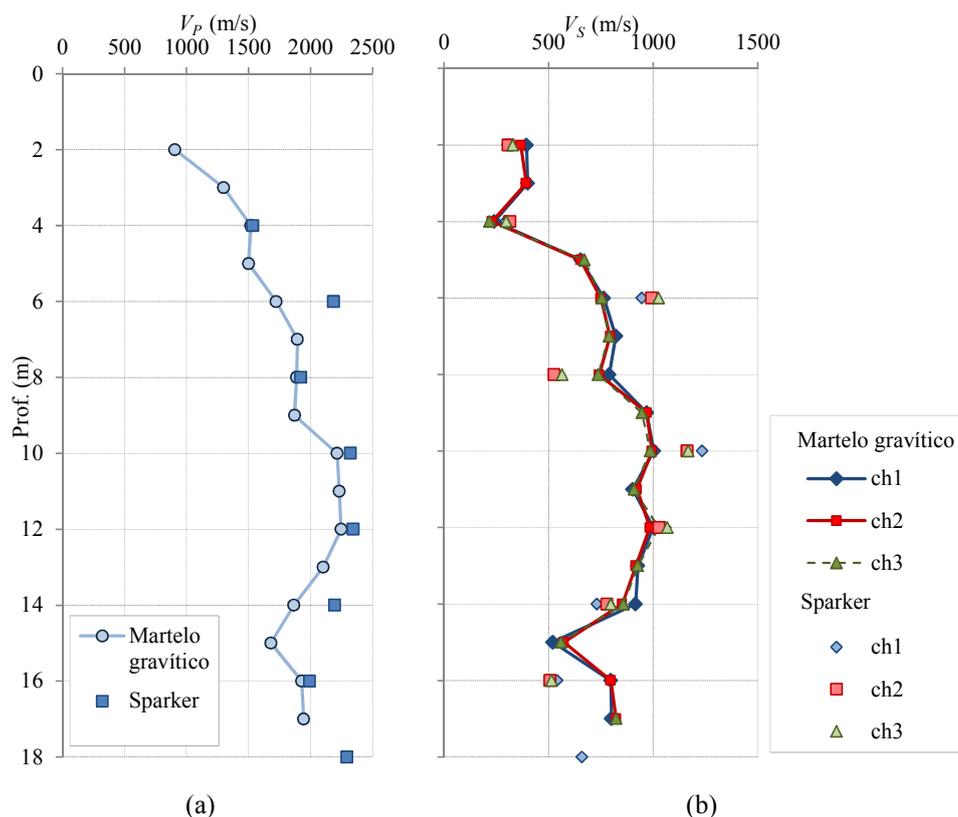


Fig. 16 - Resultados dos ensaios *cross-hole* realizados no campo experimental com a fonte tipo *sparker* e com o martelo gravítico: (a) velocidade de propagação das ondas P; (b) velocidade de propagação das ondas S, medidas nos três canais.

Na Figura 17 mostra-se os resultados do ensaio SPT e o módulo de distorção máximo, o qual, dependendo diretamente da velocidade das ondas S, é também bastante coerente para as duas campanhas de ensaio. Pode verificar-se que a tendência para a evolução em profundidade do resultado do SPT é semelhante à que se obteve para G_0 , como procura ilustrar a linha a tracejado sobre a Figura 17. Uma vez que as profundidades de um e outro ensaio nem sempre coincidiam, determinaram-se em primeiro lugar os valores de G_0 que melhor aproximassem as profundidades em questão, utilizando valores médios quando necessário.

Os valores de G_0 obtidos neste campo experimental variam num intervalo próximo do que era esperado para estas formações (Lopes Laranjo et al., 2015a, Lopes Laranjo et al., 2015b), entre 400 MPa e 1500 MPa. Apenas entre 10,0 m e 14,0 m de profundidade foram encontrados valores de G_0 acima de 1500 MPa.

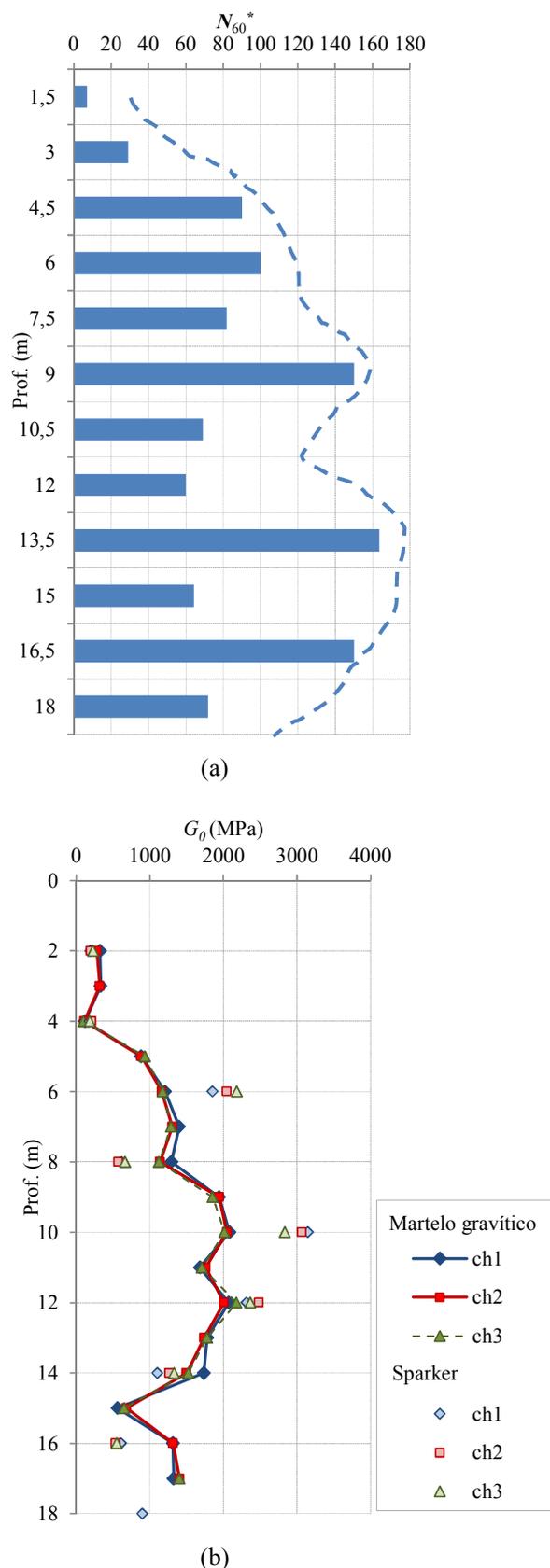


Fig. 17 - Campo experimental: (a) resultados do ensaio SPT extrapolados para atender à profundidade de penetração; (b) módulo de distorção máxima obtido nas duas campanhas de ensaios realizadas.

Não foi possível identificar anisotropia destas formações através dos ensaios CHT, e os resultados dos ensaios sísmicos com o emprego de diferentes fontes emissoras foram muito

consistentes, o que sugere que a energia e a frequência central da fonte sísmica tem uma influência significativa na amplitude das ondas sísmicas, mas parece não alterar significativamente os seus tempos de chegada.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto PTDC/ECM/64167/2006. As análises mineralógicas foram realizadas na Unidade de Desenvolvimento e Inovação de Materiais do Instituto Politécnico de Viana do Castelo. Os autores desejam exprimir o seu agradecimento ao Laboratório de Geotecnia da FEUP.

REFERÊNCIAS

- [1]-Albers, A. P. F., F. G. Melchiades, R. Machado, J. B. Baldo and A. O. Boschi (2002). "Um método simples de caracterização de argilominerais por difração de raios X." *Cerâmica* 48(305): 34-37.
- [2]-Almeida, I. M. (1991). Características geotécnicas dos solos de Lisboa. PHD, Universidade de Lisboa.
- [3]-Antunes, M. T., P. Legoinha, P. P. Cunha and J. Pais (2000). "High resolution stratigraphy and miocene facies correlation in Lisbon and Setúbal Peninsula (Lower Tagus basin, Portugal)." *Ciências da Terra (UNL)* 14: 183-190.
- [4]-Brilha, J. B. and M. A. Sequeira Braga (1995). A decomposição de espectros de difração de raios X no estudo de minerais de argila - um exemplo do Complexo Vulcânico de Lisboa. *Proc. of IV Congresso Nacional de Geologia, Porto*, 4 613-617.
- [5]-Carvalho, J. M., A. Viana da Fonseca and F. Almeida (2008). Seismic cross-hole tomography in modeling ISC'2 experimental site. 3rd International Conference on Site Characterization, ISC-3. H. Mayne. Taipei, Taiwan, 2008 Taylor & Francis Group: 799-805.
- [6]-Ferreira, C. (2009). The Use of Seismic Wave Velocities in the Measurement of Stiffness of a Residual Soil. PhD, FEUP.
- [7]-Lopes Laranjo, M. (2013). Argilas Miocénicas de Lisboa. Parametrização para o Dimensionamento de Estruturas Geotécnicas. PhD, Porto.
- [8]-Lopes Laranjo, M., J. Carvalho, M. Matos Fernandes and A. Viana da Fonseca (2015a). Very small strain stiffness of Lisbon Miocene clayey formation from in situ tests. *Proc. of XVI European Conference of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Edimburgh*, 6 2975-2980.

[9]-Lopes Laranjo, M., M. Matos Fernandes and A. Viana da Fonseca (2015b). Selfboring and Ménards Pressuremeter Tests in Lisbon Miocene Prazeres Clay. Proc. of Symposium International ISP7/PRESSIO 2015, Hammamet, Tunisie 165-172.

[10]-Moitinho de Almeida, F. (1986). Carta Geológica do Concelho de Lisboa. S. G. d. Portugal, Serviços Geológicos de Portugal.

[11]-Scapin, M. A. (2003). Aplicação da difração e fluorescência de raios-X (WDXRF): ensaios de argilominerais. MsC MsC, Universidade de São Paulo.

[12]-Viana da Fonseca, A., C. Ferreira and J. Carvalho (2005). "The use of shear wave velocities determined in Down-Hole (Vsvh) and Cross-Hole (Vshv) tests for the evaluation of K₀ in Soils." Solos e Rochas 28(3): 271-281.

[13]-Zbyszewski, G. (1947). "Panorama sur la Geologie de la Ville de Lisbonne." Boletim da Sociedade de Geografia de Lisboa 65 Série(9-10).

ARTIGO REF: 7042

EFEITO DE ESCALA NO ENSAIO DE COMPRESSÃO UNIAXIAL (UCS)

Filipe Santos Nunes^(*), Victor Pissarra Cavaleiro, Luis Andrade Pais

Universidade da Beira Interior, Depart. Eng^a Civil e Arquitectura (DECA) - Covilhã, Portugal

^(*)Email: filipesbg@hotmail.com

RESUMO

Um dos ensaios mecânicos frequentemente utilizado para determinar a resistência do material rochoso é o ensaio laboratorial de compressão uniaxial. No entanto um dos problemas tipicamente inerentes à caracterização geotécnica, especialmente no âmbito da mecânica das rochas, é o efeito de escala, que se prende com a extrapolação de resultados desde a escala do maciço rochoso para ensaios laboratoriais em amostras de pequena dimensão. Assim, uma boa caracterização mecânica de um maciço rochoso torna-se imprescindível quando se pretende construir grandes obras de engenharia tais como: túneis, barragens, estradas, pontes, edifícios, etc.

Neste estudo foram utilizados provetes de granito, e pretende contribuir para um melhor conhecimento da variação da resistência à compressão uniaxial, em função da geometria dos provetes.

Na Tabela 1, apresentam-se os grupos de provetes (“Granito Ricão”, Pedreira Freixedas) com geometria prismática (Figura 1) usados neste estudo e respectivas dimensões.

Tabela 1 - Grupos de provetes e respectivas dimensões

Grupo de Provetes	Nº de Provetes	Dimensões (cm)	
		L	D
A	10	5	5
B	11	10	5
C	11	12,5	5
D	10	15	5
E	10	7	7
F	10	14	7
G	10	21	7
H	11	10	10
I	10	15	10
J	10	20	10



Fig. 1 - Geometria dos Provetes

Para a execução do ensaio de resistência à compressão uniaxial, foram seguidas as recomendações sugeridas pela Sociedade Internacional para a Mecânica das Rochas (I.S.R.M., 1978). A velocidade de carregamento utilizada para levar à rotura os corpos de

prova foi a seguinte: Provetes do grupo: (A), (B), (C), (D): 0.3 kN/s; grupo: (E), (F) e (G): 0.5 kN/s; grupo: (H), (I) e (J): 1 kN/s.

Para a caracterização do material rocha, além da resistência à compressão uniaxial, é igualmente importante o estudo de outras propriedades físicas. Na tabela 2, apresentam-se os valores médios da Densidade aparente (ρ_a), Absorção de água (A), Porosidade aberta (η), Velocidade de propagação das ondas P e S, e a Força máxima de compressão aplicada (F_c máx).

Tabela 2 - Valores médios das propriedades físicas estudadas, da força máxima de compressão aplicada (F_c máx) e resistência à compressão simples (σ_c), obtidos para cada grupo de provetes.

Grupo de Provetes	Densidade aparente (ρ_a) [KN/m ³]	Absorção de água (A) [%]	Porosidade aberta (η) [%]	V _P [m/s]	V _S [m/s]	F _c máx. [KN]	σ_c [MPa] calculado
A	26.14	0.38	1.00	5241.1	4178.6	433.2	173.3
B	26.14	0.39	1.01	5147.4	4039.5	376.7	150.7
C	26.07	0.39	0.83	4882.4	3946.1	258.8	103.5
D	25.99	0.37	0.96	5058.5	3874.8	350.1	140.0
E	26.23	0.33	0.87	5419.2	4454.6	750.2	153.1
F	26.02	0.38	0.99	5233.6	4236.4	472.9	96.5
G	26.22	0.32	0.84	4666.4	3825.7	574.3	117.2
H	26.18	0.40	1.04	5352.2	4120.4	1598.8	159.9
I	26.20	0.36	0.95	5293.6	4199.2	1397.1	139.7
J	26.20	0.41	0.74	5124.8	3957.9	1471.0	147.1

Como podemos constatar, todos os grupos de provetes apresentam propriedades físicas muito similares (características de um granito são), no entanto quando são submetidos ao ensaio de compressão uniaxial, apresentam valores bastante diferentes, tal facto deve-se ao denominado “efeito de escala” (dimensões diferentes), existente entre os provetes em análise. De acordo com os valores obtidos, verifica-se que quanto maior a altura, maior a perda de resistência à compressão uniaxial. Por outro lado, com um aumento de aresta de 5 centímetros para 7 (grupos A e E), verifica-se uma perda de resistência na ordem dos 20 MPa, já em relação ao aumento de aresta de 7 centímetros para 10 (grupos E e H), verifica-se que o valor da resistência tende em estabilizar.

REFERÊNCIAS

[1]-I.S.R.M. (International Society for Rock Mechanics), Suggested methods for determining the uniaxial compressive strength and deformability of rock materials. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Anstr. 16 (1978) 135-140.

PROCEEDINGS

CLME2017 / V CEM

8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia
V Congresso de Engenharia de Moçambique
Maputo (Moçambique), 4-8 Setembro 2017

SIMPÓSIO-9

Geotecnia nos Transportes

Coordenadores

**António Gomes Correia^{1(*)}, Ana Cristina Freire^{2(*)}, José Neves^{3(*)}, Eduardo Fortunato^{2(*)},
Simona Fontul^{2(*)}, Alberto Correia^{4(*)} e Alexandre Pinto^{3,5(*)}**

¹U.Minho, Portugal; ²LNEC, Portugal; ³IST/U.Lisboa, Portugal; ⁴FCTUC, Portugal; ⁵JetSJGeotecnia, Portugal

ARTIGO REF: 7012

CARACTERIZAÇÃO DE ESCÓRIAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (R.S.U.)

Jorge dos Reis de Ramos^(*)

Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Departamento de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal

^(*)*Email:* jreis@dec.isel.pt

RESUMO

Em Portugal são produzidas anualmente mais de 4 500 milhares de toneladas de resíduos sólidos urbanos (R.S.U.), das quais 25% são incineradas, originando cerca de 270 milhares de toneladas de escórias e cinzas.



Fig. 1 - Central de tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos da Valorsul.

Estes resíduos têm, normalmente, como destino final a deposição em aterro sanitário. Atendendo à reduzida vida útil dos aterros sanitários construídos em Portugal e às crescentes exigências de segurança ambiental, é cada vez mais limitada e dispendiosa a deposição de resíduos nestas infra-estruturas. Por outro lado, a indústria da construção de estradas necessita, só na Europa, de mais de 2 milhões de toneladas de agregados minerais. Paralelamente, pressões ambientais crescentes dificultam cada vez mais a exploração de novas pedreiras, bem como a extracção de agregados aluvionares.

Urge assim encontrar soluções alternativas, constituindo a valorização uma via com assinaláveis vantagens, não só ambientais como, também, financeiras.

O estudo em curso tem como objectivo a avaliação, do ponto de vista geotécnico, da viabilidade de utilização de escórias, provenientes da combustão de R.S.U., nas camadas estruturais de pavimentos.

A fim de conseguir uma caracterização completa das escórias de R.S.U., sempre considerando a aplicação em estudo, foram executados vários ensaios geotécnicos quer ao agregado, quer à amostra de agregados, e comparados os resultados obtidos com as características dos materiais convencionais usados na construção de pavimentos rodoviários.

Neste trabalho são apresentados resultados provenientes dos seguintes ensaios laboratoriais: análise granulométrica; densidade das partículas sólidas; ensaios de equivalente de areia e limites de consistência; ensaio do azul de metileno; ensaio de compactação *Proctor*; ensaios *CBR* e *CBR imediato*; ensaio de fragmentabilidade; ensaio de degradabilidade; ensaios de desgaste, *Los Angeles*, *Micro Deval* e *Slake Durability*. Nas figuras seguintes, apresentam-se alguns dos resultados obtidos em laboratório.

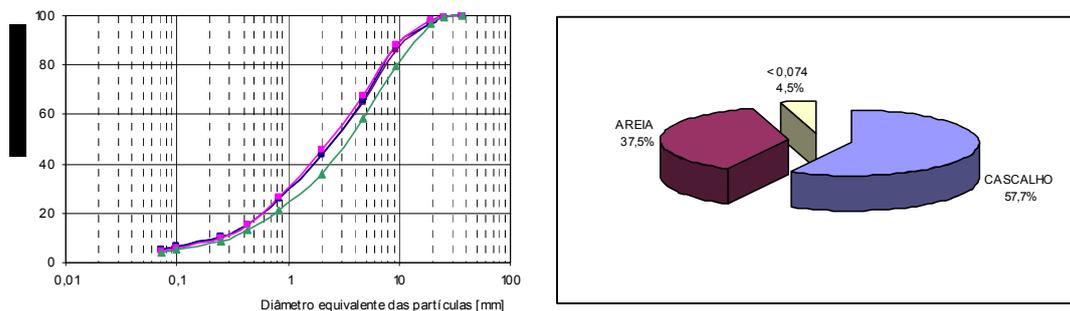


Fig. 2 - Curvas granulométricas e respectiva composição das escórias de R.S.U..

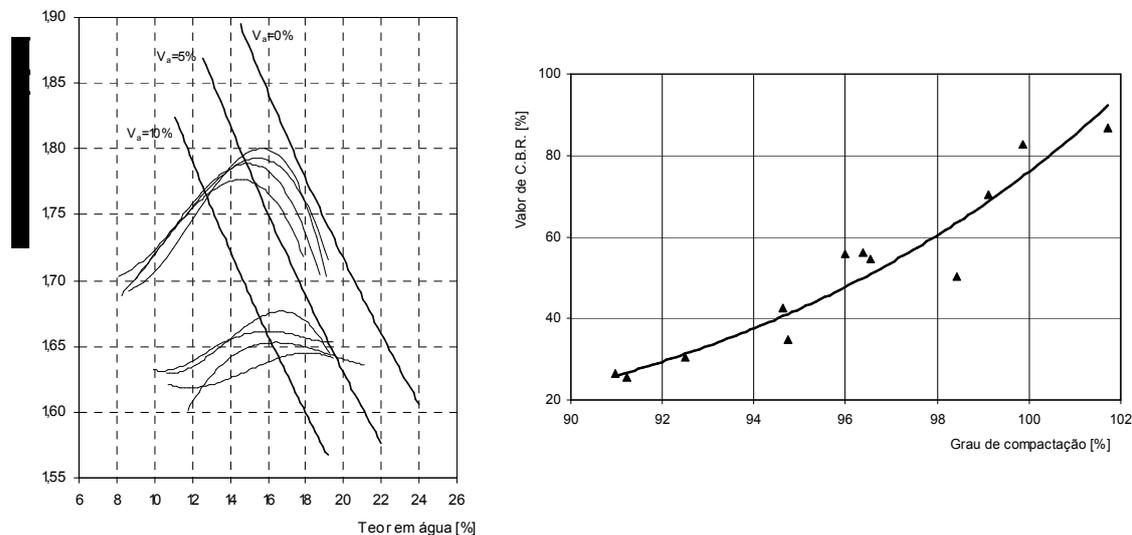


Fig. 3 - Curvas de compactação *Proctor* e valores de *CBR* das escórias de R.S.U..

Com este trabalho pretende-se contribuir para o desenvolvimento no campo da valorização dos R.S.U., o qual constitui uma das maiores preocupações, mas também um dos principais desafios da política europeia de gestão de resíduos.

ARTIGO REF: 7027

RETROANÁLISE DAS BACIAS DEFLECTOMÉTRICAS PARA OBTENÇÃO DOS MÓDULOS DE RESILIÊNCIA DAS CAMADAS DE PAVIMENTAÇÃO DA RODOVIA BR-163/PA BRASIL

Talita Carvalho Costa^(*), Diêgo de Almeida Pereira, Kaio César Arnaud Deon

Centro Universitário do Distrito Federal, Depart. Eng^a Civil (UDF) - Brasília, Brasil

^(*)*Email: talitacarcosta@gmail.com*

RESUMO

O sistema estrutural de um pavimento é caracterizado por sofrer rupturas devido às cargas externas que se acumulam ao longo de sua vida útil. No entanto, muitos pavimentos não atingem o tempo de vida útil desejado para o qual foram dimensionados, tais danos, são relacionados à capacidade de carga do pavimento. Desta forma, pode ser necessário realizar projeto de reforços no pavimento, tendo como base ensaios de campo para a avaliação da estrutura, sendo estes indispensáveis. Assim sendo, com o auxílio do programa Retroanálise/Sispav e seguindo os conceitos mecanísticos-empíricos por meio de levantamentos deflectométricos, que avaliam a condição estrutural do pavimento medindo as deflexões reversíveis que ocorrem na superfície submetida à aplicação de cargas repetidas, foi medido a capacidade estrutural do pavimento flexível de um dos maiores corredores de cargas do Brasil, a rodovia BR-163/PA, localizada no Pará, que apresenta grandes índices de pluviosidade e é solicitada por tráfego pesado.

INTRODUÇÃO

O sistema estrutural de um pavimento é caracterizado por sofrer rupturas devido às cargas externas que se acumulam ao longo de sua vida útil, a partir do momento da abertura ao tráfego. No entanto, muitos pavimentos sofrem danos em sua estrutura antecipadamente, não atingindo o tempo de vida útil desejado para o qual foram dimensionados, tais danos, são relacionados à capacidade de carga do pavimento.

Como consequência, se faz necessário, por vezes, realizar intervenções no pavimento por meio de projeto de reforços. Para a elaboração desse tipo de projeto deve-se realizar uma avaliação estrutural no estado de degradação atual do pavimento e compreender o comportamento estrutural dele. Sendo assim, os ensaios em campo são de extrema importância e indispensáveis nesse tipo de avaliação. No que diz respeito à avaliação estrutural a não destrutiva é a mais adequada, além do levantamento da situação estrutural do pavimento em grandes extensões da pista, por meio da avaliação da deflexão recuperável máxima na superfície do revestimento, permite avaliar, de maneira apropriada a capacidade de suporte por meio de equipamentos estáticos ou dinâmicos e possibilita várias repetições no mesmo ponto [DNIT-IPR-720, 2006b].

Uma das principais utilizações dos dados, obtidos na avaliação estrutural não destrutiva, é a possibilidade de realizar a retroanálise, que tem como objetivo principal obter os módulos elásticos das camadas do pavimento e do subleito *in situ*. Ou seja, a retroanálise consiste em encontrar, por meio de um processo interativo otimizado, uma bacia deflectométrica teórica semelhante à bacia medida em campo. Onde é necessário utilizar software auxiliar, capaz de

calcular essa bacia deflectométrica teórica, com estrutura e carregamento pré-definidos. Por meio deste processo, é possível obter o módulo de rigidez e módulo de resiliência das camadas granulares e do solo da fundação. Assim como, saber a influência em porcentagem, de cada camada na deformação elástica que ocorre na superfície do pavimento [Medina & Motta, 2015].

Os dados obtidos, pela retroanálise, representam um ganho de tempo nos projetos e minimizam a coleta de amostras, contribuindo significativamente para a concepção de projetos de pavimentos mais confiáveis e com maior durabilidade. Considerando o procedimento de projeto de reforços que mais tem evoluído no mundo todo atualmente [Bernucci *et al.*, 2010].

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é medir a capacidade estrutural do pavimento flexível de um dos maiores corredores de cargas do Brasil, a rodovia BR-163/PA, localizada no Estado do Pará, que apresenta grandes índices de pluviosidade durante o ano e é solicitada por tráfego pesado, seguindo os conceitos mecanísticos-empíricos por meio de levantamentos deflectométricos, que avaliam a condição estrutural do pavimento medindo as deflexões reversíveis que ocorrem na superfície submetida à aplicação de cargas repetidas. O estudo está dividido em duas partes, interpretação e análise estatística das bacias de deflexões medidas e a segunda parte da análise é avaliar as condições das camadas do pavimento e terreno de fundação, estimando por meio da retroanálise os módulos elásticos *in situ*.

CONCEITUAÇÃO

Pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessura finita, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada a resistir aos esforços oriundos dos tráfegos de veículos e ações climáticas, de forma econômica e técnica, com o objetivo de proporcionar melhores condições de rolamento aos usuários, com conforto, economia e segurança [Bernucci *et al.*, 2010].

A estrutura do pavimento flexível é composta por camada superficial (revestimento), Base, Sub-base e Reforço do subleito, constituintes por materiais granulares, solos ou misturas asfálticas. Cujas funções são de proteger tanto a estrutura em si, como o terreno de fundação, limitando os esforços consequentes de cargas aplicadas no pavimento evitando os danos que estas solicitações podem causar. O comportamento da estrutura do pavimento depende das espessuras das camadas, do material e da interação entre as diferentes camadas. Onde cada camada tem uma relação complexa, no entanto a harmonia do comportamento estrutural está relacionada à codependência entre elas [Bernucci *et al.*, 2010; Balbo, 2007].

A avaliação estrutural não destrutiva avalia as condições de deformabilidade dos pavimentos asfálticos, este estudo é fundamental para compreender o comportamento da estrutura. Quando se aplica uma carga no pavimento, tanto as camadas da estrutura como o subleito respondem essa ação, essas respostas são chamadas de deflexões, que varia de camada para camada, dependendo do módulo de elasticidade. Sendo assim, o desempenho de uma estrutura de pavimento está diretamente ligado com as deflexões, quanto maior o valor, menor será o desempenho do pavimento quando solicitado [DNIT, IPR-720, 2006].

No entanto, pavimentos com estruturas distintas, podem apresentar o mesmo valor de deflexão recuperável máxima, variando o arqueamento na deformada. Sendo assim, analisar a estrutura observando apenas a deflexão recuperável máxima pode não representar de forma correta o comportamento estrutural de um pavimento. O mais indicado é levar a deformada em consideração na avaliação estrutural [DNIT-IPR-720, 2006].

Os equipamentos mais utilizados para medir as deflexões podem ser divididos em: Vigas de deflexão; equipamentos dinâmicos de vibração e equipamentos dinâmicos de impacto. Dentre esses, o segundo mais usado no Brasil é o *falling weight deflectometer* (FWD), criado na década de 1980 e introduzido no Brasil em 1994. É um dos equipamentos mais atuais que medem o deslocamento elástico de um pavimento transferindo ao pavimento uma carga dinâmica de impacto.

De forma resumida, o deflectômetro de impacto (FWD) é um equipamento destinado a avaliar a capacidade estrutural de um pavimento, através da medição da sua resposta a uma carga de impacto. O carregamento é resultado da queda de massas a partir de alturas conhecidas, sobre um sistema de amortecedores.

Em resposta a essa força externa, gera uma força interna que vem da natureza dos materiais. Essa força causa deformações nos materiais, fazendo com que as camadas se desloquem. Os deslocamentos são medidos através de geofones ou sensores de deflexão, e o conjunto desses deslocamentos, referente a essa carga aplicada, forma a bacia de deformação. Onde seu formato diz muito a respeito da resistência de um pavimento, quanto mais uniforme for o formato da bacia, mais resistente é a sua estrutura.

Dentre as vantagens de se utilizar o FWD, a maior seria a capacidade que o equipamento tem de simular de forma aproximada, a magnitude e frequência das cargas referente ao tráfego. Além disso, o equipamento permite medir a temperatura do pavimento em campo, apresenta pouca margem de erro, devido o ensaio não ser influenciado pelo operador, e possui maior produtividade [Bernucci *et al.*, 2010].

A retroanálise tem como objetivo principal, obter os módulos elásticos das camadas do pavimento e do subleito, a partir da análise, do formato e magnitude, das bacias de deformações obtidas em ensaios não destrutivos na avaliação estrutural de um determinado pavimento. Sendo que, os módulos elásticos obtidos em campo tem uma acurácia maior, do que aqueles que são obtidos em laboratórios.

De acordo com Pinto [1991], os módulos de elasticidade *in situ* das camadas do pavimento, podem ser obtidos através da retroanálise, a partir do conhecimento das espessuras das camadas e da deformada de superfície para a condição de solitação imposta. Sendo assim, os módulos obtidos representam os módulos resilientes de condições em campo.

Os materiais granulares, por serem mais deformáveis, são responsáveis pelo comportamento elástico do pavimento. Devido esse comportamento, as deflexões que ocorrem em sua superfície, refletem em toda a estrutura do pavimento e subleito. Segundo Medina & Motta [2015], essa contribuição que ocorre em todas as camadas do pavimento, referente à deflexão que é medida em certo ponto do pavimento, está ligada aos módulos de elasticidades das mesmas. Dessa forma, a retroanálise é uma forma inversa de se resolver os problemas relacionados ao dimensionamento de um pavimento novo. Onde, ao medir as deformações resultantes de um carregamento conhecido, possibilita conhecer os módulos que conduziram tais deformações.

Basicamente, os dados de entrada do processo de retroanálise são: a forma do carregamento, a bacia deflectométrica medida em campo, seção-tipo do pavimento, coeficientes de Poisson e faixas de valores modulares para cada camada da estrutura.

O programa Retroanálise é uma ferramenta de rotina do programa Sispav, desenvolvido na tese de doutorado de Franco [2007]. O programa permite retroanalisar bacias deflectométricas obtidas por FWD com objetivo de inferir o módulo de resiliência *in situ* das camadas do pavimento. Os dados necessários para realizar a retroanálise, são inseridos no

programa por meio de um arquivo de dados em formato.txt, contendo os seguintes itens: Número de camadas do pavimento, características das camadas do pavimento, características do carregamento, características das bacias de deflexões medidas que serão analisadas. O programa fornece o módulo de elasticidade através da comparação que é feita entre a bacia do seu banco de dados e o percentual de erro da bacia retroanalisada. Ou seja, através dos intervalos dos módulos de resiliência inferidos em cada camada da estrutura, calcula-se uma bacia de deflexão, essa bacia retroanalisada é comparada com a bacia medida em campo, através dos erros percentuais os valores de módulo de elasticidade são determinados. O usuário tem a opção de assinalar uma bacia específica para retroanalisá-la, ou todas às bacias que constam no arquivo. Na Figura 1 mostra a tela do programa ao fim de uma retroanálise, a curva da bacia medida é representada graficamente em vermelho, e a curva da bacia calculada em azul.

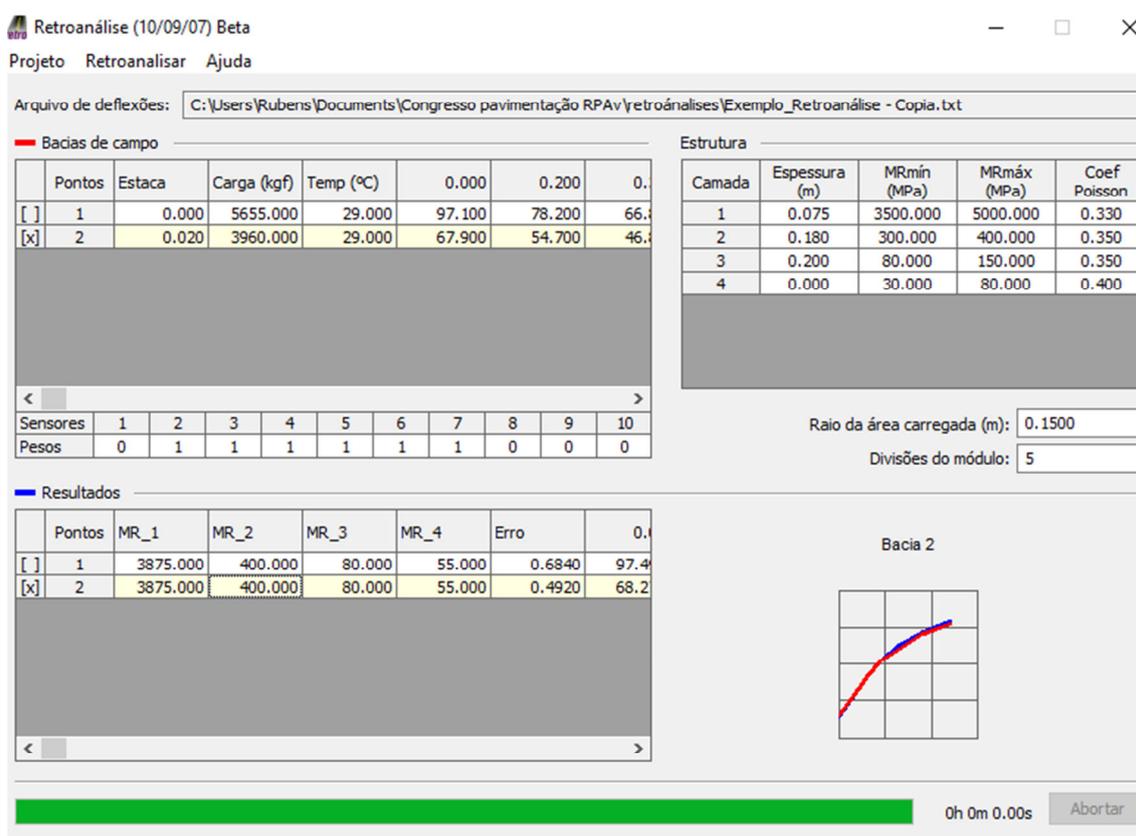


Fig. 1 - Tela do programa retroanálise ao fim do processo de retroanálise.

MATERIAIS E MÉTODOS

A malha rodoviária analisada neste trabalho, foi o pavimento da BR-163/PA Brasil, trecho conhecido como Cuiabá - Santarém. Possui extensão de 879,30 Km, dividido em onze lotes. No entanto, por se tratar de um trecho extenso, a análise será realizada apenas no lote 0.1, que tem uma extensão de 102,30 Km e é localizado no início da Rodovia, Figura 2.

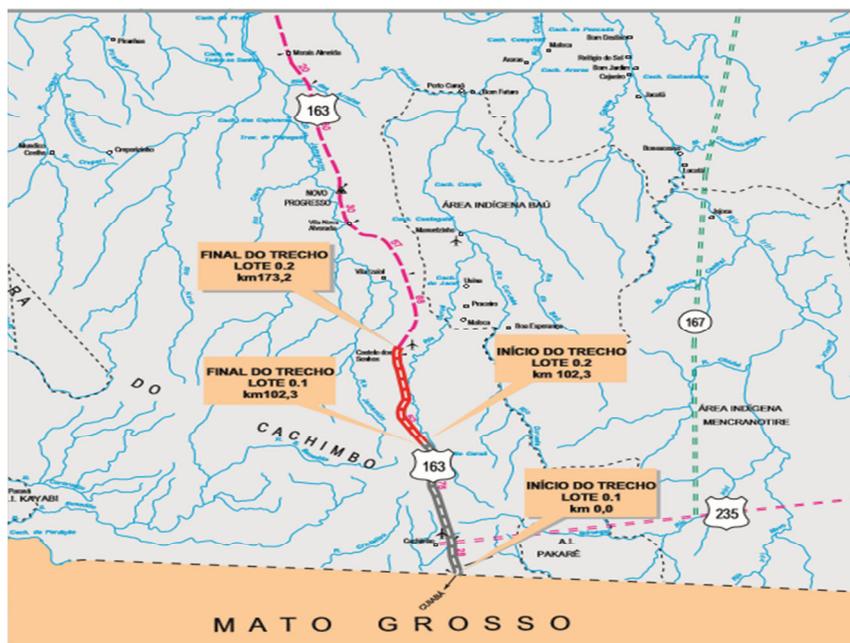


Fig. 2 - Mapa de Situação da BR-163/PA Brasil.

De acordo com os dados do projeto de engenharia de pavimentação do lote 0.1, BR-163/PA [2007], o pavimento foi dimensionado utilizando o Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis do DNER, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, versão 1996, de autoria do Eng.º Murillo Lopes de Souza. O período de projeto utilizado no dimensionamento do pavimento foi de 10 anos. No entanto, por orientação do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), considerou-se no projeto de pavimentação a execução do revestimento em concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) em duas etapas: a primeira camada para um período de 2 anos ($N_2 = 7,7 \times 10^6$), com início em 2007, e a segunda camada, a partir de 2009, para suportar a vida de serviço restante do pavimento, considerada de 10 anos ($N_{10} = 6,0 \times 10^7$).

Para realizar a avaliação estrutural do pavimento asfáltico, utilizou-se os dados de uma pesquisa de controle tecnológico realizada na BR-163/PA, que teve início em abril de 2011, para obter as informações da situação do pavimento, antes da execução da segunda camada de revestimento. Para o desenvolvimento dessa pesquisa, foram feitos levantamentos da realidade atual da rodovia, em visita em campo. Ao se realizar a coleta de informações referentes à execução das obras, constatou-se que em sua extensão, existem dois trechos que não foram executadas a camada final de CBUQ, primeiro trecho do Km 0,00 ao Km 12,50 e o segundo trecho do Km 71,30 ao Km 72,20 Figura 3.

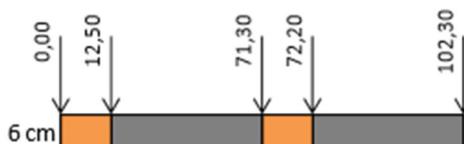


Fig. 3 - Unifilar de camada final executada da primeira etapa.

Os trechos pavimentados apresentaram boas condições, com defeitos não prejudiciais à segurança do usuário, conforme mostram as imagens na Figura 4.



Fig. 4 - Condições do pavimento no Km 13,00 e Km 72,20 respectivamente.

Levantamentos Deflectométricos com o *Falling Weight deflectometer*

Foram realizados ensaios não destrutivos, para medir a capacidade de carga do pavimento. Os levantamentos deflectométricos foram obtidos em junho de 2014, em 1 km de cada trecho destacado em amarelo na Figura 5, no primeiro trecho da estaca 12,500 à estaca 13,520 e no segundo trecho da estaca 72,220 à estaca 73,220, ambas com espaçamento de 20 m entre as estações de ensaio. O equipamento utilizado foi o *Falling Weight Deflectometer Dyantest 8000*. Os deslocamentos foram medidos por sete geofones espaçados de 0, 20, 30, 45, 60, 90 e 120 cm. Foram empregados cargas de 4,1 e 8,2 t, no entanto, foram utilizados apenas os levantamentos obtidos por 4,1t, por ser essa a carga equivalente ao semi-eixo padrão. Além do carregamento aplicado e dos deslocamentos, o levantamento apresenta as temperaturas do ar e da superfície pavimento e as posições das estacas de ensaio.

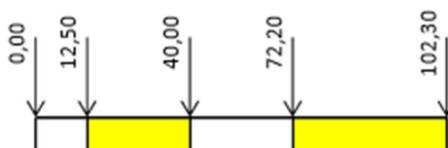


Fig. 5 - Trecho para execução do ensaio deflectométrico

Retroanálise das bacias deflectométricas

Utilizando o programa Retroanálise, calculou-se uma bacia de deflexão semelhante à bacia medida em campo, com o intuito de traduzir o comportamento real da estrutura do pavimento e do terreno de fundação, e assim obter os módulos elásticos das camadas estruturais do pavimento e terreno de fundação analisados.

Para cada bacia de deflexão foram modelados arquivos em formato.txt, utilizados para carregar os dados de entrada no programa Retroanálise. Contendo os seguintes parâmetros: Características das estruturas obtidas por meio de ensaios destrutivos. O primeiro ensaio destrutivo foi realizado em 02 de junho de 2014, através da abertura do poço de inspeção na pista simples, localizado na faixa da direita, do km 30,00, Figura 6. O segundo ensaio destrutivo foi realizado em 03 de junho de 2014, através da abertura do poço de inspeção na pista simples, localizado na faixa esquerda, do km 80,40, Figura 7.

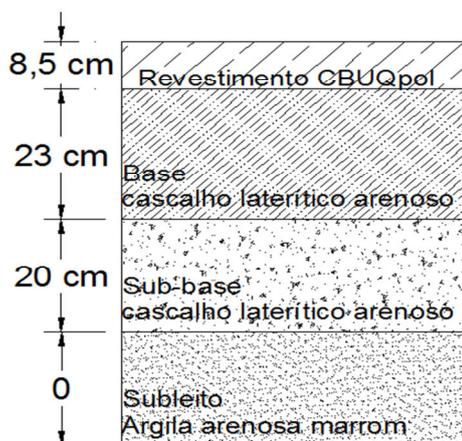


Fig. 6 - Estrutura Km 30,00

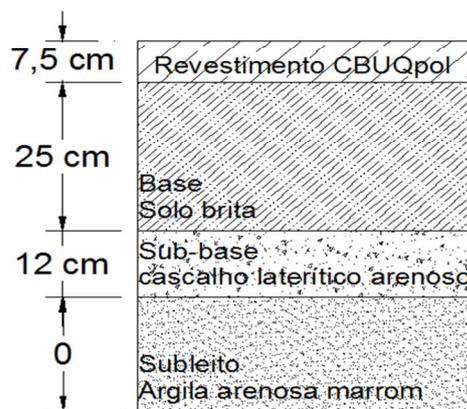


Fig. 7 - Estrutura Km 80,40

Módulo de resiliência mínimo e máximo, onde os valores de intervalo utilizados são os recomendados na instrução de projeto de pavimentação do Departamento de Estradas de Rodagens de São Paulo (DER-SP) demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Intervalo dos módulos de resiliência para retroanálise

Camada	Módulo de Resiliência (MPa)	
	Mínimo	Máximo
Revestimento	2000	5000
Base	150	300
Sub-base	150	300
Subleito	25	75

Coefficiente de Poisson, para misturas asfálticas o valor recomendado é 0,30, Materiais granulares 0,35 e Solos do subleito 0,40.

Além das características e os parâmetros mecânicos dos materiais da estrutura, o arquivo contém o raio da área carregada que é 0,15m, a estaca no qual se obteve a bacia de deflexão, a carga utilizada no ensaio, a temperatura do pavimento medida pelo FWD e os dados da bacia de deflexão obtida através de geofones posicionados em 0, 20, 30, 45, 60, 90 e 120 cm de distância.

Individualmente, a retroanálise foi feita para todas as bacias deflectométricas, com o objetivo de obter uma acurácia maior nos resultados dos módulos elásticos. Ao todo foram feitas a retroanálise de 51 bacias deflectométricas, obtidas no levantamento do primeiro trecho (Km 30,00), da estaca 12,500 à estaca 13,520, e retroanálise de 51 bacias deflectométricas obtidas no levantamento do segundo trecho (Km 80,40), da estaca 72,200 à estaca 73,220.

Em seguida, em cada trecho obteve-se a média das bacias calculadas e a média das bacias medidas, no qual foram modeladas e representadas graficamente, com o objetivo de verificar se os módulos obtidos a partir da retroanálise correspondem ao comportamento real em cada estrutura analisada.

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Observou-se a uma grande variação espacial das deflexões obtidas em ambos os trechos. Parte dessa variação pode ser atribuída ao equipamento, onde a precisão e acurácia dos levantamentos dependem de uma devida calibração e outra parte atribuída à variabilidade das espessuras das camadas durante o processo construtivo como também a heterogeneidade dos materiais que constituem as camadas do pavimento. Nas Figuras 8 e 9 é apresentada a variabilidade da resposta do pavimento em relação às cargas dinâmicas aplicadas pelo FWD.

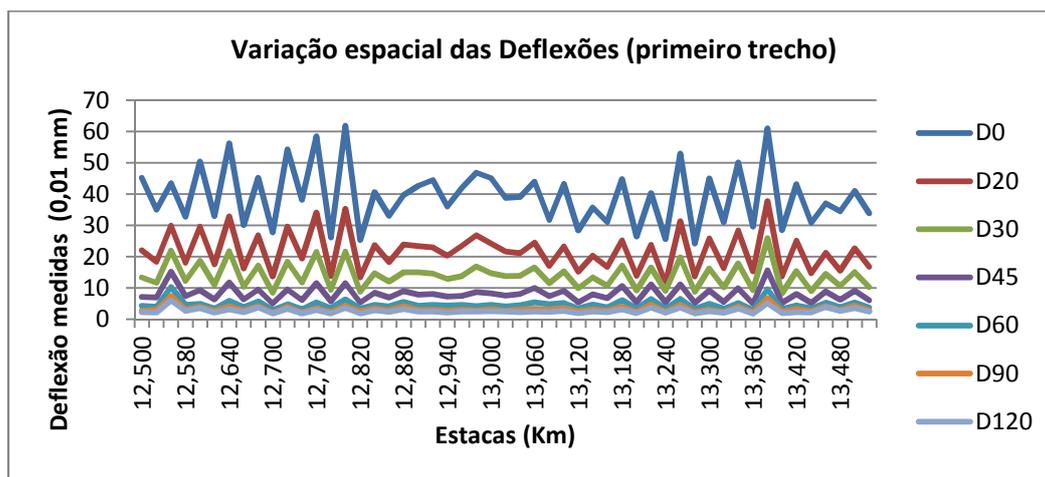


Fig. 8 - Variação espacial das deflexões obtidas com o FWD no primeiro trecho

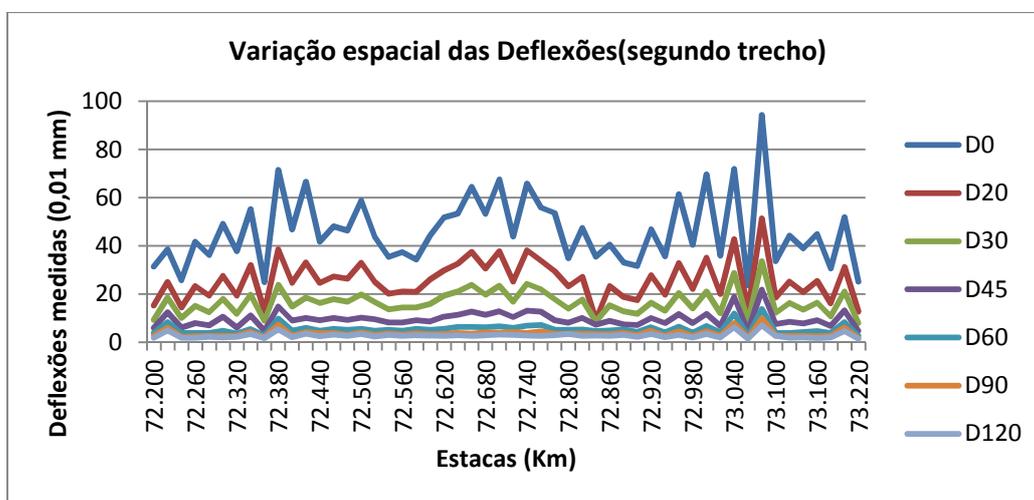


Fig. 9 - Variação espacial das deflexões obtidas com o FWD no segundo trecho

Observa-se que no primeiro trecho as deflexões obtidas são menores dos que do segundo trecho, isso pode ocorrer devido à diferença do tráfego em ambas as faixas. Sabe-se que a BR-163/PA é solicitada por tráfego pesado, por ser pista simples, a hipótese a ser considerada é que a pista da esquerda circule veículos mais pesados do que a pista da direita. O primeiro trecho analisado apresentou uma Deflexão máxima média de $39,4 \times 10^{-2}$ mm, mínima de $24,2 \times 10^{-2}$ mm e máxima de $61,9 \times 10^{-2}$ mm. Já para o segundo trecho analisado, apresentou uma Deflexão máxima média de $46,12 \times 10^{-2}$ mm, mínima de $23,61 \times 10^{-2}$ mm e máxima de $94,3 \times 10^{-2}$ mm.

Devido à variabilidade espacial das deflexões, julgou-se necessário realizar uma análise estatística nos levantamentos deflectométricos em ambos os trechos. Sendo assim, calculou-se a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação (CV), apresentados nas Tabelas 2 e 3, cujo objetivo é demonstrar que os segmentos apresentados nos levantamentos deflectométricos não são homogêneos e considerá-los com tal, influenciam nos resultados das análises realizadas pavimento e as considerações a respeito deste.

Tabela 2 - Análise estatística das bacias de deflexões medidas da estaca 12,500á estaca 13,520.

Deflexão medida (0,01 mm)							
Distância de carga (cm)	0	20	30	45	60	90	120
Deflexão média	39,37	21,80	14,08	8,12	4,69	3,34	2,73
Desvio padrão	9,61	6,38	4,18	2,43	1,45	1,04	0,83
CV(%)	24,40	29,26	29,71	29,94	30,89	31,08	30,57

Tabela 3 - Análise estatística das bacias de deflexões medidas da estaca 72,220 à estaca 73,220.

Deflexão medida (0,01 mm)							
Distância de carga (cm)	0	20	30	45	60	90	120
Deflexão média	46,12	25,77	16,57	9,63	5,48	3,70	2,85
Desvio padrão	14,26	8,27	5,12	3,16	2,04	1,50	1,10
CV(%)	30,93	32,09	30,89	32,78	37,21	40,53	38,41

De acordo com os resultados mostrados, verifica-se que o coeficiente de variação (CV), no primeiro trecho analisado, variou de 24,40% a 31,08% e no segundo trecho houve uma variação de 30,93% a 40,53%, com maiores valores, em ambos os trechos, sendo verificados nos geofones mais afastados da placa de carga. Estatisticamente, os resultados que apresentam valores acima de 15% já não podem ser considerados homogêneos, entre 15 a 30% apresentam média dispersão e acima de 30% alta dispersão o que implica em dados heterogêneos. Observa-se que o primeiro trecho não apresentou em nenhum ponto um CV menor que 30%. Diferente do segundo trecho em que todos os pontos apresentaram um CV maior que 30%. Além da hipótese desse trecho ser o mais solicitado, os resultados de controle de compactação, apresentaram valores de Grau de compactação igual a 94,1%, com energia Proctor modificada, na camada de base e 93,5%, com energia Proctor intermediária, na camada de sub-base. Os valores de Grau de compactação estão abaixo do valor ideal que é 100% do Proctor modificado e intermediário, podendo apresentar uma variação aceitável +-3%, resultando em densidades máximas específicas menores que as do primeiro trecho e consequentemente apresentando valores de deflexões mais elevadas.

Percebeu-se que além da variabilidade, os valores das Deflexões estão bem elevados, segundo Bernucci *et al.*, [2010] vários fatores influenciam na resposta elástica das camadas dos pavimentos asfálticos, como por exemplo o tipo de revestimento, nível de trincamento, condições climáticas etc. No entanto, é possível indicar um valor típico de Deflexão, um pavimento com revestimento de concreto asfáltico e base granular em boa condição estrutural, deve apresentar Deflexões entre $30 \text{ a } 50 * 10^{-2} \text{ mm}$. Todavia, no primeiro trecho (Km 30,00), 17,6% dos valores das Deflexões foram menores que $30 * 10^{-2} \text{ mm}$, 15,7% apresentaram valores maiores que $50 * 10^{-2} \text{ mm}$ e 66,7% apresentaram valores dentro do intervalo de $30 \text{ a } 50 * 10^{-2} \text{ mm}$. No segundo trecho, 7,8% dos valores de Deflexão apresentaram valores

abaixo de 30×10^{-2} mm, 33,3% apresentaram valores maiores que 50×10^{-2} mm e 60,8% valores dentro do intervalo de 30 a 50×10^{-2} mm. Os valores das Deflexões, no primeiro trecho e principalmente no segundo trecho, não indicam uma boa condição estrutural.

De acordo com a representação gráfica da bacia média medida e bacia média calculada, observou-se a semelhança entre as curvas das bacias apresentando um formato quase aproximado, indicando que a análise foi bem efetuada e os módulos obtidos são satisfatórios, conforme Figuras 10 e 11.

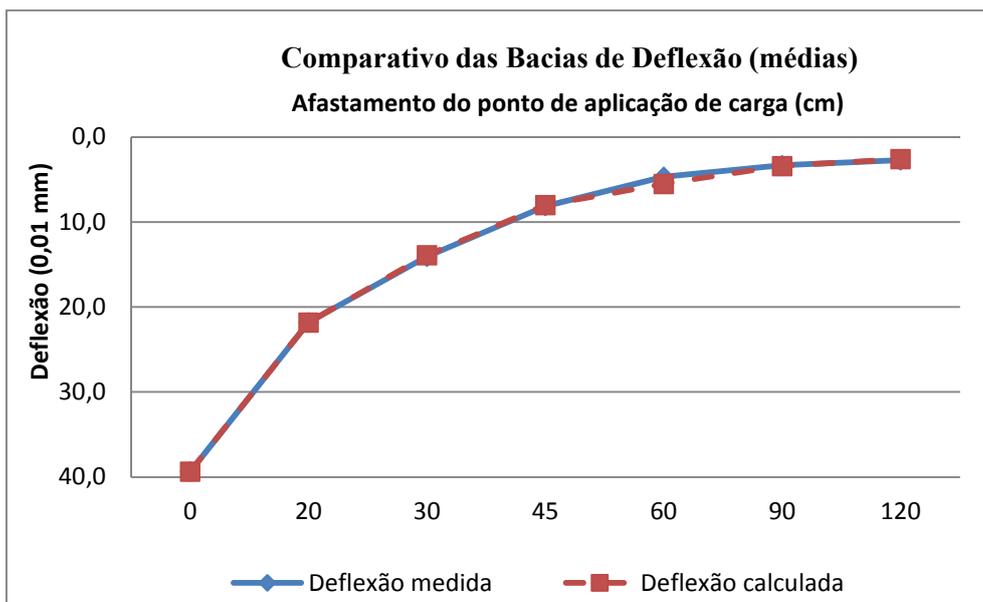


Fig. 10 - Comparativo entre bacia medida e calculada no Km 30,00.

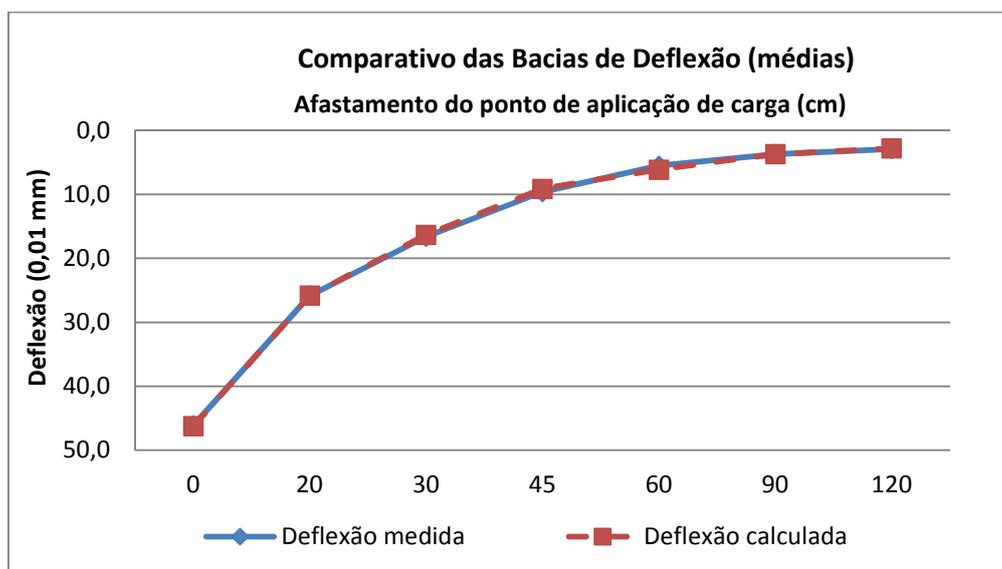


Fig. 11 - Comparativo entre bacia medida e calculada no Km 80,40.

Os módulos elásticos da estaca 12,500 a 13,520 estão apresentados na Figura 12, e na Tabela 4 a análise estatística realizada no Km 30,00.

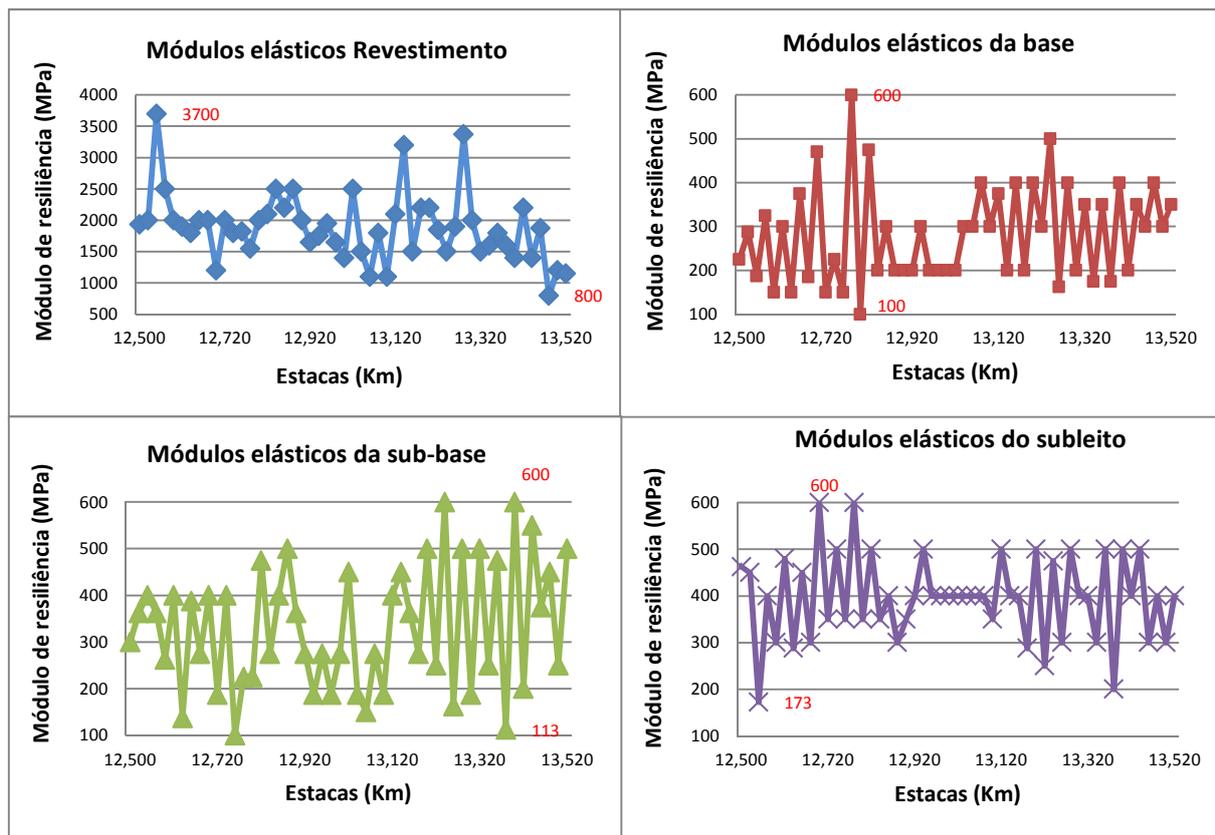


Fig. 12 - Valores de módulos da estaca 12,500 a 13,520.

Tabela 4 - Análise estatística dos módulos elásticos obtidos no Km 30,00

Módulo de resiliência (MPa) Km 30,00				
Camadas	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito
Média	1888	281	330	396
Desvio padrão	547	109	132	91
CV(%)	29	39	40	23

Da mesma forma, os módulos de resiliência obtidos na estaca 72,220 a 73,220 representados na Figura 13 e a análise estatística na Tabela 5.

Tabela 5 - Análise estatística dos módulos elásticos obtidos no Km 80,40.

Módulo de resiliência (MPa) Km 80,40				
Camadas	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito
Média	2438	246	216	373
Desvio padrão	1044	101	125	121
CV(%)	43	41	58	33

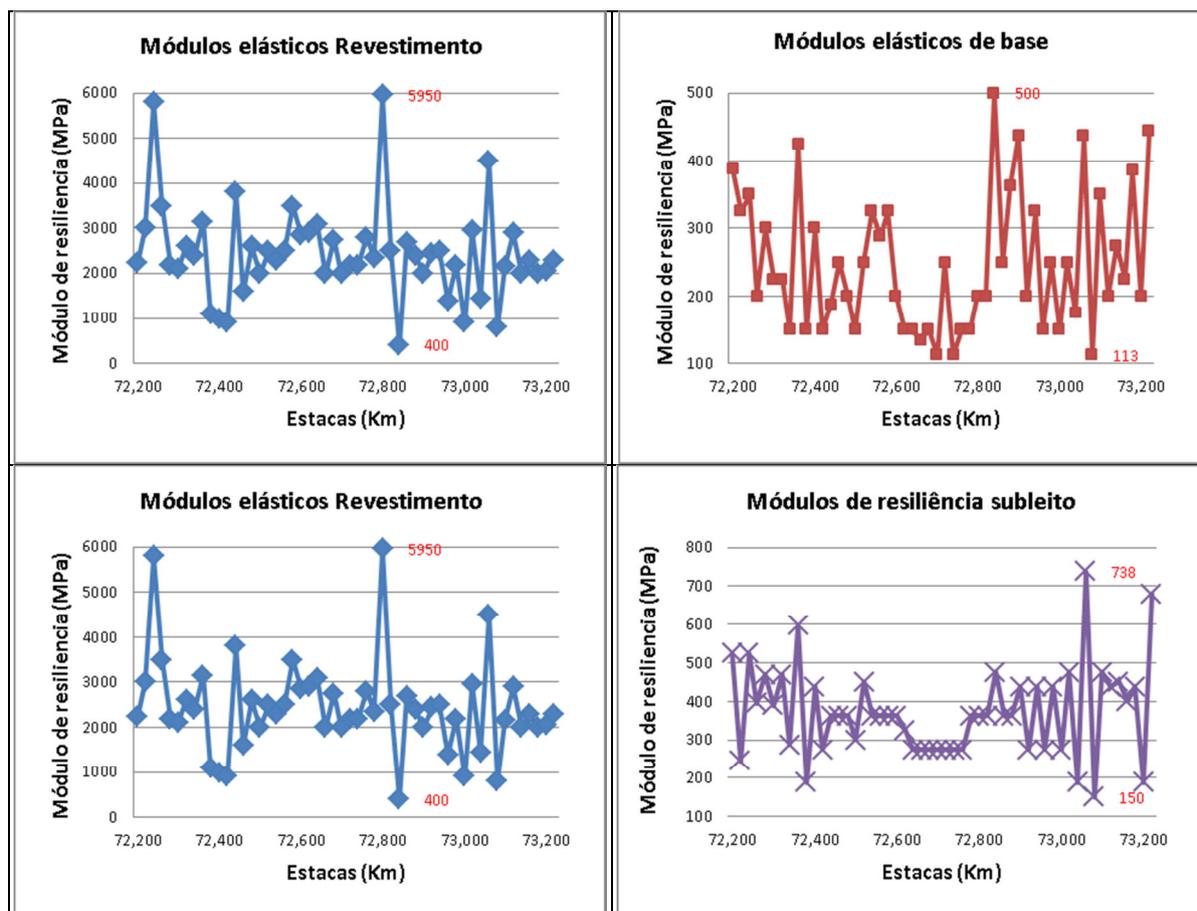


Fig. 13 - Valores de módulos da estaca 72,200 a 73,220.

Verifica-se que na análise estatística realizada no primeiro trecho, a camada de revestimento apresentou módulo de resiliência médio igual a 1.888 MPa com desvio padrão de 547 MPa e CV igual a 29%, indicando alta dispersão nos resultados. O módulo máximo obtido nesse trecho foi igual a 3.700 MPa e o mínimo igual a 800 MPa. Verifica-se também que 25,5% dos módulos apresentaram valores entre 500 a 1.500 MPa, 68,6% apresentaram valores entre 1500 a 2500 MPa e apenas 5,9% dos módulos apresentaram valores acima de 2.500 MPa.

A camada de base apresentou um valor de módulo de resiliência médio de 281 MPa, com um desvio padrão de 109 MPa e CV igual a 39%, indicando alta dispersão nos resultados. O módulo máximo obtido foi igual a 600 MPa e o módulo mínimo foi igual a 100 MPa. Verificou-se também que 47,1% dos módulos apresentaram valores menores que 250 MPa, 45,1% apresentaram valores entre 250 a 450 MPa e 7,8% valores maiores que 450 MPa.

A camada de sub-base apresentou um valor de módulo de resiliência médio de 330 MPa, desvio padrão de 132 MPa e CV igual a 40%, indicando alta dispersão nos resultados. O módulo máximo obtido nesse trecho foi igual a 600 MPa e o mínimo 100 MPa. Verificou-se também que 33,3% dos módulos obtidos nesse trecho apresentaram valores menores que 250 MPa, 47,1% apresentaram valores entre 250 a 450 MPa e 19,6% dos módulos apresentaram valores maiores que 450 MPa.

Por fim, os valores dos módulos de resiliência obtidos no subleito apresentaram um valor médio igual a 396 MPa com desvio padrão de 91 MPa e CV igual a 23%, indicando média

dispersão. O módulo de resiliência máximo obtido nesse trecho foi igual a 600 MPa e o mínimo igual a 173 MPa. Verificou-se que 5,9% dos módulos de resiliência apresentaram valores menores que 250 MPa, 66,7% apresentaram valores entre 250 a 450 MPa e 27,5% apresentaram valores de módulos de resiliência maiores que 450 MPa.

Verifica-se que na análise estatística realizada no segundo trecho, a camada de revestimento apresentou módulo de resiliência médio igual a 2.438 MPa, com desvio padrão de 1044 MPa e CV igual a 43%, indicando alta dispersão nos resultados. O módulo máximo obtido nesse trecho foi igual a 5.950 MPa e o mínimo igual a 400 MPa. Verifica-se também que 15,7% dos módulos apresentaram valores entre 400 a 1.500 MPa, 42,1% apresentaram valores entre 1500 a 2500 MPa, 35,3% dos módulos apresentaram valores entre 2.500 a 3.500 MPa e 7,8% dos módulos apresentaram valores maiores que 3.500 MPa.

A camada de base apresentou um valor de módulo de resiliência médio de 246 MPa, com um desvio padrão de 101 MPa e CV igual a 41%, indicando alta dispersão nos resultados. O módulo máximo obtido foi igual a 500 MPa e o módulo mínimo foi igual a 113 MPa. Verificou-se também que 66,7% dos módulos apresentaram valores menores que 250 MPa, 31,3% apresentaram valores entre 250 a 450 MPa e 2% valores maiores que 450 MPa.

A camada de sub-base apresentou um valor de módulo de resiliência médio de 216 MPa, desvio padrão de 125 MPa e CV igual a 58%, indicando alta dispersão nos resultados. O módulo máximo obtido nesse trecho foi igual a 600 MPa e o mínimo 50 MPa. Verificou-se também que 74,5% dos módulos obtidos nesse trecho apresentaram valores entre 50 a 250 MPa, 17,6% apresentaram valores entre 250 a 450 MPa e 7,8% dos módulos apresentaram valores maiores que 450 MPa.

Por fim, os valores dos módulos de resiliência obtidos no subleito apresentaram um valor médio igual a 373 MPa com desvio padrão de 121 MPa e CV igual a 33%, indicando alta dispersão. O módulo de resiliência máximo obtido nesse trecho foi igual a 738 MPa e o mínimo igual a 150 MPa. Verificou-se que 9,8% dos módulos de resiliência apresentaram valores entre 100 a 250 MPa, 56,9% apresentaram valores entre 250 a 400 MPa, 27,4% apresentaram valores entre 400 a 550 MPa e 5,9% de módulos de resiliência maiores que 550 MPa.

Os valores de módulo de resiliência obtidos, tanto no primeiro trecho quanto no segundo, apresentaram valores com alta dispersão, indicando grande variabilidade dos módulos em cada camada. Esses valores já eram esperados, diante da elevada variação espacial de deflexões que foram obtidas nos dois trechos. O que se espera de um pavimento flexível em relação às suas camadas estruturais é que, o revestimento seja a camada com maior rigidez por ser a camada da estrutura responsável por absorver as maiores tensões atuantes no pavimento e distribuir em seguida para a camada de base que pode apresentar uma rigidez menor que a camada de revestimento, no entanto maior que a camada inferior e assim sucessivamente com as camadas de sub-base e o terreno de fundação que é o subleito. Sendo assim, o subleito seria a parte estrutural do pavimento mais sensível e o mais sujeito a deformações, de acordo com o método de dimensionamento empírico do DNIT, que foi concebido com o objetivo exclusivo de protegê-lo.

No entanto, verifica-se diante dos valores de módulos de elasticidade obtidos através da retroanálise nos dois trechos, que os módulos médios do subleito no primeiro trecho apresentaram valores cerca de 20% maiores que os módulos da camada de sub-base e 41% maiores que os valores obtidos na base. Já no segundo trecho, os módulos médios do subleito aumentaram 72% em relação à camada de sub-base e 51% em relação à camada de base. Os resultados indicam que a parte mais sensível do conjunto estrutural de um pavimento, não é o

subleito. Esse fato vem sendo observado em análises realizadas em subleitos brasileiros, que diferente dos subleitos americanos, apresenta módulos maiores que os de sub-base e base, quando bem compactados.

CONCLUSÃO

As deflexões obtidas pelo FWD apresentaram uma variação espacial elevada nos dois trechos analisados. O primeiro trecho apresentou um coeficiente de variação (CV) de 24,40% a 31,08% e no segundo trecho apresentou um (CV) de 30,93% a 40,53%, com maiores valores, em ambos os trechos, sendo verificados nos geofones mais afastados da placa de carga. Além de variação espacial elevada, ambos os trechos apresentaram Deflexões máximas elevadas indicando uma condição estrutural ruim.

A retroanálise interativa, realizada pelo programa Retroanálise/Sispav a partir das bacias de deflexões levantadas nos trechos (Km 30,00 e Km 80,40) apresentou como resultados, valores dos módulos do subleito (Argila arenosa marrom) substancialmente superiores aos módulos da sub-base (Solo laterítico arenoso) e superiores aos módulos da base (Solo laterítico arenoso e solo brita) em toda a extensão dos trechos analisados.

REFERÊNCIAS

- [1]-Balbo, José Tadeu. Pavimentação Asfáltica: materiais, projetos e restauração. 1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- [2]-Bernucci, L.B., Motta L.M.G., Ceratti J.A.P., Soares J.B. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. 3ª ed. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2010.
- [3]-DER/SP, Instrução de Projeto de Pavimento, Anexo A. São Paulo. 53 pp. (Publ, IP., DE 000/001). Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo. Janeiro de 2006.
- [4]-DNIT, Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos. 2ª ed. Rio de Janeiro. 310 pp. (Publ, IPR., 720). Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. 2006b.
- [5]-Franco, F.A.C.P., 2007 Método de Dimensionamento Mecânico-Empírico de Pavimentos Asfálticos - SisPav. Tese de D.Sc. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- [6]-Medina, J., Motta, L.M.G., Mecânica dos Pavimentos, 3ª ed, Isbn, 978-85-7193-366-8.2015.
- [7]-Pinto, S., Estudo do comportamento à fadiga de misturas betuminosas e aplicação na avaliação estrutural de pavimento, Tese (Doutorado em Engenharia Civil), COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro. 1991.

ARTIGO REF: 7028

RETROANÁLISE BASEADA EM ANÁLISES MECANÍSTICAS DE LEVANTAMENTOS DEFLECTOMÉTRICOS DA BR-163/PA BRASIL

Talita Carvalho Costa^(*), Diêgo de Almeida Pereira, Kaio César Arnaud Deon

Centro Universitário do Distrito Federal, Depart. Eng^a Civil (UDF) - Brasília, Brasil

^(*)*Email*: talitacarcosta@gmail.com

RESUMO

O método utilizado no Brasil desde 1961, para dimensionamento de pavimentos flexíveis, tem por princípio o método empírico baseado em resultados de ensaios de CBR. Além disso, o método desconsidera os efeitos danosos da fadiga na camada de revestimento asfáltico, sendo esta, umas das causas principais de patologias nas rodovias brasileiras. Portanto, devido a necessidade de melhoramento dos projetos de pavimentação relacionadas à eficiência estrutural, surgiram os conceitos mecanísticos e mecanísticos-empírico, que são baseados no princípio da Mecânica dos Pavimentos. Assim sendo, utilizando o software AEMC e seguindo esses conceitos, foi feito um estudo do comportamento estrutural do pavimento flexível da BR-163/PA, rodovia considerada como um dos maiores corredores de cargas do Brasil. As análises deste estudo comprovam que, a forma empírica em que os pavimentos vêm sendo concebidos, não é suficiente para que o mesmo alcance o tempo de vida útil de projeto.

INTRODUÇÃO

O atual método utilizado no Brasil, para dimensionamento de pavimentos flexíveis, foi elaborado em 1961 e tem por princípio o método de dimensionamento tradicional e empírico, baseado em resultados de ensaios de CBR, o qual considera que um pavimento entra em ruptura quando a deformação vertical na camada do subleito atinge o seu valor limite de 12,5 mm. O método, por ser empírico, é fundamentado em princípios desenvolvidos a partir de conhecimentos e experiências de campo adquiridas no decorrer dos anos. Além disso, o método desconsidera os efeitos danosos da fadiga na camada de revestimento asfáltico, sendo esta, umas das causas principais de patologias encontradas nas rodovias brasileiras nas últimas décadas. Tendo em vista a necessidade de melhoramento dos projetos de pavimentação, no que diz respeito à eficiência estrutural, e estes relacionados ao empirismo presente no método atual, surgiram os conceitos mecanísticos e mecanísticos-empíricos. Estes modelos consistem na aplicação do princípio da Mecânica dos Pavimentos, que considera o pavimento como uma estrutura de múltiplas camadas elásticas, sujeitas a cargas do tráfego e ações do clima. A análise estrutural é feita por meio de programas computacionais que permitem definir o estado de tensões nas camadas devido às cargas externas aplicadas. O presente trabalho apresenta um estudo do comportamento estrutural do pavimento flexível de um dos maiores corredores de cargas do Brasil, a rodovia BR-163/PA, localizada no Estado do Pará, que apresenta grandes índices de pluviosidade durante o ano e é solicitada por tráfego pesado, seguindo os conceitos da Mecânica dos Pavimentos.

Foram analisados os materiais das camadas do pavimento e do subleito obtidos por meio de ensaios destrutivos e as deflexões máximas medidas pelos ensaios não destrutivos. Além disso, os módulos das camadas estruturais e do terreno de fundação foram estimados por meio

da retroanálise das bacias deflectométricas, utilizando o programa computacional Retroanálise, que serviram como parâmetros de entrada no cálculo das tensões e deformações atuantes utilizando o programa computacional AEMC. Em seguida, os valores das deformações atuantes foram comparados com as deformações admissíveis calculados por meio de modelos empíricos de previsão de desempenho. Com os parâmetros de deformabilidade obtidos, foram verificadas as seguintes situações: Se as tensões e deformações geradas no interior das estruturas do pavimento, devido às cargas externas oriundas do tráfego, são suficientemente menores que às tensões e deformações admissíveis deste pavimento; Se o N de ruptura é inferior ao N de projeto e se o consumo de fadiga é menor a 100%.

CONCEITUAÇÃO

A estrutura do pavimento flexível é composta por camada superficial (revestimento), Base, Sub-base e Reforço do subleito, constituintes por materiais granulares, solos ou misturas asfálticas. Cuja função é de proteger tanto a estrutura em si, como o terreno de fundação, limitando os esforços consequentes de cargas aplicadas no pavimento evitando os danos que estas solicitações podem causar. O comportamento da estrutura do pavimento depende das espessuras das camadas, do material e da interação entre as diferentes camadas. Onde cada camada tem uma relação complexa, no entanto a harmonia do comportamento estrutural está relacionada à codependência entre elas [Bernucci *et al.*, 2010; Balbo, 2007].

O dimensionamento adequado de uma estrutura deverá resistir às tensões e deformações que o pavimento estará sujeito, através da espessura das camadas e da rigidez dos materiais em sua composição. Um bom dimensionamento garante uma estrutura com camadas que tenha capacidade de resistir às numerosas solicitações de esforços e possam transferi-las para as demais, sem que ocorram danos à estrutura fora do aceitável ou previsto no tempo de projeto, que são as rupturas por deformações permanentes e a ruptura por fadiga. Para isso, o projetista deve conhecer bem as propriedades dos materiais que compõe cada camada, sua resistência à ruptura, permeabilidade e deformabilidade diante às repetições de cargas e ao efeito do clima [Bernucci *et al.*, 2010].

O método de dimensionamento de pavimentos asfálticos do Departamento Nacional de Infraestruturas dos Transportes (DNIT) é um método empírico cuja concepção foi baseada em métodos criados para dimensionamento de pavimentos em países cujo clima e os solos são diferentes dos tropicais. O método tem como princípio fundamental proteger o subleito para que não ocorram deformações plásticas, atribuindo ao terreno de fundação o desempenho estrutural do pavimento. Dessa forma, a resistência à ruptura plástica é atendida pela espessura do pavimento obtida de curvas de dimensionamento em função do CBR do subleito e por imposição de CBR mínimos nas camadas de base e sub-base. Em função do tráfego previsto, uma espessura mínima é definida na camada do revestimento. Assim como, especificações técnicas nas qualidades dos materiais que serão empregados em cada camada e controle nas técnicas construtivas. Acredita-se que alinhando esses processos, imporá ao pavimento asfáltico os aspectos necessários para que este desempenhe sua função de maneira adequada.

A grande problemática do método de dimensionamento dos pavimentos asfálticos utilizada pelo DNIT tem sido a limitação que o empirismo traz nas condições de contorno, por ser um método baseado em observações e experiências com certos tipos de pavimentos e para condições específicas de clima, não permitindo uma generalização segura e confiável, diante de todas as condições que se diferem daquelas para as quais fora desenvolvida [Franco, 2007].

Em busca de se reduzir ou até mesmo eliminar parcelas de empirismo típicas do método tradicional e empírico, evoluções no método de dimensionamento de pavimentos tem se tornado cada vez mais alvo de pesquisas e produção de trabalhos científicos, a partir de considerações mais mecanicistas, que se baseia na resposta estrutural e modelos de desempenho. De forma geral os métodos mecanísticos-empíricos aplicam a teoria da elasticidade, calculando as tensões e deformações plásticas e elásticas, observando tanto o subleito como as camadas de base. Considerando os materiais que compõe a estrutura, segundo dois comportamentos tensão-deformação distintos: comportamento elástico linear e elástico-não linear [Franco, 2007].

Além dos cálculos de tensões e deformações que o método mecanístico-empírico traz, é feita uma análise de desempenho a partir de dados de ensaios que determinam o comportamento mecânico dos solos, materiais granulares e das misturas asfálticas. Os parâmetros obtidos nos ensaios servem de base para entrada de dados, tanto no dimensionamento dos pavimentos novos, como na análise do pavimento já existente, na escolha adequada do tipo de intervenção de projetos de reforço. Um dos principais parâmetros obtidos é o módulo de resiliência, por indicar a capacidade que um material possui de armazenar energia de deformação, sendo a característica fundamental do ponto de vista estrutural. Ou seja, o módulo resiliente é determinado pela tensão aplicada e a respectiva deformação sofrida. Para o cálculo de tensões e deformações nos diferentes pontos do pavimento, usa-se como dado de entrada o módulo de resiliência (MR).

Um dos fatores essenciais que precisa ser considerado em um projeto estrutural de pavimentos é o critério de ruptura, e este está relacionado aos principais mecanismos de degradação. Segundo Franco [2007], são dois os tipos de ruptura que podem ocorrer em um pavimento, ruptura estrutural, ligado ao fenômeno da fadiga, quando o pavimento perde a capacidade de suporte ao ocorrer o colapso estrutural e a ruptura funcional, ligado à deformação permanente, podendo ou não ocorrer a ruptura da estrutura, está relacionada com a segurança e conforto do pavimento. Sendo assim, a ruptura funcional e estrutural, ocorrem devido às ações climáticas e principalmente das passagens dos veículos. Os danos que consomem a vida do pavimento são utilizados como critérios de rupturas nos métodos de dimensionamento de pavimento asfáltico. Onde as deformações verticais reversíveis na superfície (D), deformações horizontais de tração (ϵ_t) na fibra inferior do revestimento e pela deformação específica de compressão no topo do subleito (ϵ_v) são utilizadas em modelos, como indicadores estruturais.

De forma geral, a análise de desempenho de uma estrutura é função da capacidade que a estrutura tem de resistir aos esforços, relacionando essa resistência com as propriedades mecânicas dos materiais que compõe cada camada, traduzidos por equações de fadiga. Sendo assim, as estruturas são testadas e analisadas através de programas computacionais, comparando com parâmetros admissíveis de cada material, indicando se a estrutura vai ou não atender o período de projeto desejado.

O AEMC - Análise Linear de Múltiplas Camadas, é um programa de cálculo de tensões e deformações com base na Teoria da Elasticidade desenvolvido na Tese de Franco [2007], como um dos módulos que compõe o programa SisPav. Possui um processador de cálculos baseado no programa JULEA, com alterações para atender o formato de entrada de dados gerado pelo AEMC. Para considerar o comportamento elástico não linear dos materiais, o programa divide as camadas de comportamento elástico não linear em três subcamadas e define os pontos de tensão na origem das coordenadas do carregamento ($x=y=0,00m$) e, verticalmente, no meio das subcamadas.

CARACTERIZAÇÃO DO PAVIMENTO

A malha rodoviária analisada neste trabalho, foi o pavimento da BR-163/PA Brasil, trecho conhecido como Cuiabá - Santarém. Possui extensão de 879,30 Km, dividido em onze lotes. No entanto, por se tratar de um trecho extenso, a análise será realizada apenas no lote 0.1, que tem uma extensão de 102,30 Km e é localizado no início da Rodovia, Figura 1.

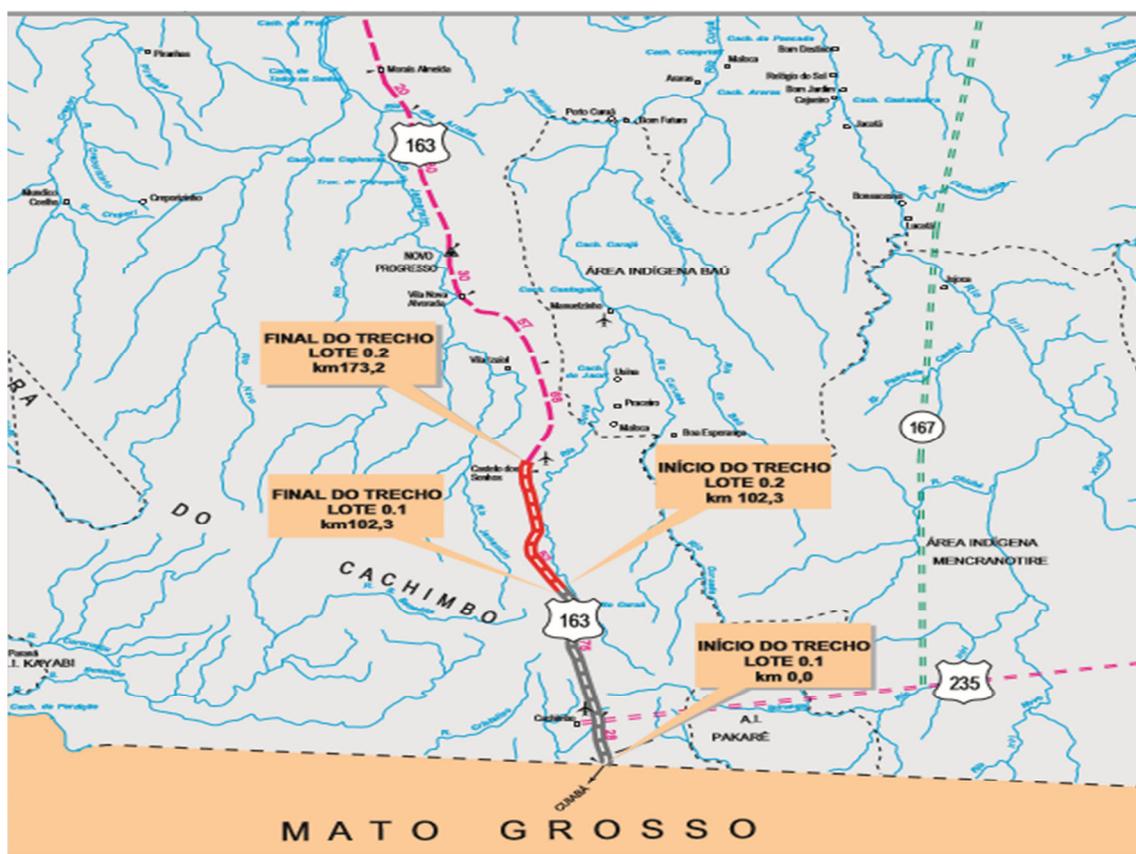


Fig. 1 - Mapa de Situação da BR-163/PA Brasil.

De acordo com os dados do projeto de engenharia de pavimentação do lote 0.1, BR-163/PA [2007], o pavimento foi dimensionado utilizando o Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis do DNER, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, versão 1996, de autoria do Eng.º Murillo Lopes de Souza. O período de projeto utilizado no dimensionamento do pavimento foi de 10 anos. A estrutura do pavimento flexível definida: Revestimento de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) faixa “C” com polímero SBS, com 11 cm de espessura; Base de solo estabilizado granulometricamente com mistura 80% solo-20% areia, 70% solo-30% brita e sem mistura, com 20,0cm de espessura e Sub-base de solo estabilizado granulometricamente sem mistura, com 20,0cm de espessura. No entanto, por orientação do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), considerou-se no projeto de pavimentação a execução do revestimento em duas etapas: a primeira camada com 6 cm de espessura, para um período de 2 anos ($N_2 = 7,7 \times 10^6$), com início em 2007, e a segunda camada com 5 cm de espessura, a partir de 2009, para suportar a vida de serviço restante do pavimento, considerada de 10 anos ($N_{10} = 6,0 \times 10^7$), como mostra a Figura 2.

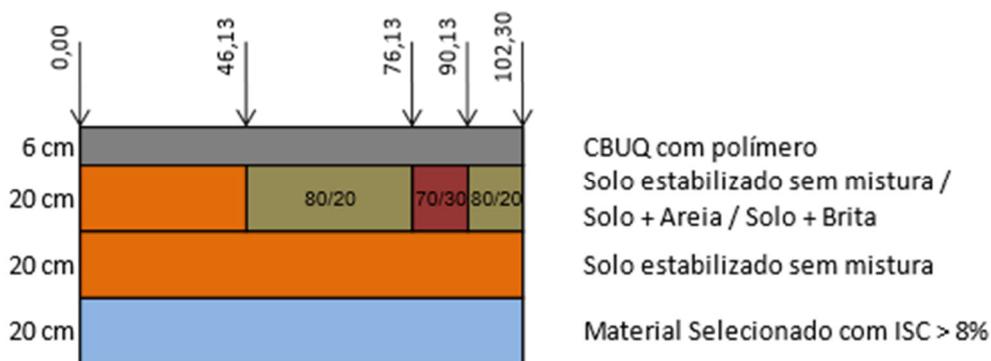


Fig. 2 - Unifilar de soluções de projeto para execução da primeira etapa

Para realizar a avaliação estrutural do pavimento asfáltico, utilizou-se os dados de uma pesquisa de controle tecnológico realizada na BR-163/PA, que teve início em abril de 2011. A pesquisa teve por objetivo, obter as informações da situação do pavimento, antes da execução da segunda camada de revestimento. Foram feitos levantamentos da realidade atual da rodovia por meio de visita em campo. Ao se realizar a coleta de informações referentes à execução das obras, constatou-se que em sua extensão, existem dois trechos que não foram executadas a camada final de CBUQ. No primeiro trecho do Km 0,00 ao Km 12,50 e o segundo trecho do Km 71,30 ao Km 72,20 Figura 3.

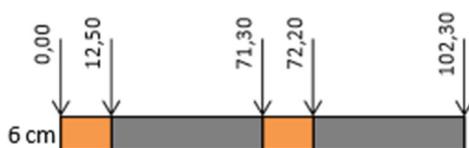


Fig. 3 - Unifilar de camada final executada da primeira etapa.

Os trechos pavimentados apresentaram boas condições, com defeitos não prejudiciais à segurança do usuário, conforme mostram as imagens na Figura 4.



Fig. 4 - Condições do pavimento no Km 13,00 e Km 72,20 respectivamente.

Além do levantamento visual, foram realizados ensaios destrutivos e não destrutivo. Os ensaios destrutivos para caracterizar a estrutura do pavimento no que diz respeito às espessuras e o tipo de material que constitui cada camada do pavimento, assim como o terreno de fundação, e os ensaios não destrutivos, que diferente da avaliação estrutural destrutiva,

avalia as condições de deformabilidade dos pavimentos flexíveis por meio de levantamentos deflectométricos. Sendo assim, o primeiro ensaio destrutivo foi realizado em 02 de junho de 2014, através da abertura do poço de inspeção na pista simples, localizado na faixa da direita, do km 30,00, Figura 5. O segundo ensaio destrutivo foi realizado em 03 de junho de 2014, através da abertura do poço de inspeção na pista simples, localizado na faixa esquerda, do km 80,40, Figura 6.

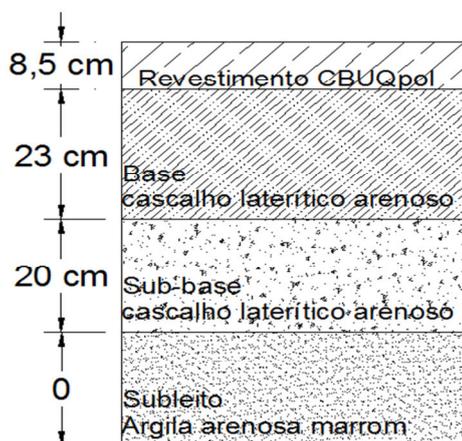


Fig. 5 - Estrutura Km 30,00

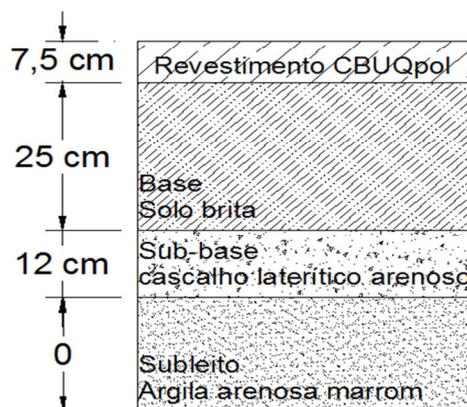


Fig. 6 - Estrutura Km 80,40

Os levantamentos deflectométricos foram obtidos em junho de 2014, em 1 km de cada trecho destacado em amarelo na Figura 7, no primeiro trecho da estaca 12,500 à estaca 13,520 e no segundo trecho da estaca 72,220 à estaca 73,220, ambas com espaçamento de 20 m entre as estações de ensaio. O equipamento utilizado foi o *Falling Weight Deflectometer Dyantest 8000*. Os deslocamentos foram medidos por sete geofones espaçados de 0, 20, 30, 45, 60, 90 e 120 cm. Por meio das bacias de deflexões, foram definidos por retroanálise os módulos de resiliência *in situ* de cada camada da estrutura do pavimento e do terreno de fundação.

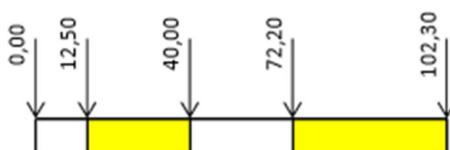


Fig. 7 - Trecho para execução do ensaio deflectométrico

Estrutura e parâmetros elásticos do pavimento

Para a verificação mecanística-empírica, foi necessário determinar os parâmetros relacionados às propriedades mecânicas dos materiais constituintes das camadas estruturais. Foram definidas 12 Estruturas, com variação do módulo de resiliência em todas as camadas de revestimento, base, sub-base e subleito, com espessuras e materiais obtidos nos ensaios destrutivos. As primeiras 6 estruturas foram modeladas para atender o horizonte de projeto de 2 anos, estruturas 1, 2 e 3 para o primeiro trecho e estruturas 4, 5 e 6 para o segundo trecho. As outras 6 estruturas foram modeladas para atender o horizonte de projeto de 10 anos, estruturas 7, 8 e 9 para o primeiro trecho e estruturas 10, 11 e 12 para o segundo trecho.

Adotou-se em cada camada, a média dos módulos obtidos na retroanálise ponto a ponto, média menos o desvio padrão e a média mais o desvio padrão. As Tabelas 1 e 2 estão descritos os módulos das camadas da estrutura do pavimento e do subleito, que serão utilizados na análise de tensões e deformações atuantes no pavimento no primeiro trecho (km 30,0) das estacas 12,500 à 13,520, e segundo trecho (km 80,40) das estacas 72,220 à 73,220 respectivamente.

Tabela 1 - Módulos para verificação mecânica-empírica no Km 30,00.

Módulo de resiliência (MPa) Km 30,00				
Camadas	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito
Média (\overline{MR})	1888	281	330	396
Desvio padrão (σ)	547	109	132	91
CV(%)	29	39	40	23
Média - desvio padrão ($\overline{MR} - \sigma$)	1340	173	198	305
Média + desvio padrão ($\overline{MR} + \sigma$)	2435	390	462	487

Tabela 2 - Módulos para verificação mecânica-empírica no Km 80,40.

Módulo de resiliência (MPa) Km 80,40				
Camadas	Revestimento	Base	Sub-base	Subleito
Média (\overline{MR})	2438	246	216	373
Desvio padrão (σ)	1044	101	125	121
CV(%)	43	41	58	33
Média - desvio padrão ($\overline{MR} - \sigma$)	1394	149	94	260
Média + desvio padrão ($\overline{MR} + \sigma$)	3481	343	339	486

O coeficiente de Poisson foi adotado em função dos materiais de cada camada. Por não constar nos manuais do DNIT, tomaram-se como base os valores recomendados na Instrução de Projetos de Pavimentos do Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo [IP-DE-000/001, 2006]. Para misturas asfálticas o valor recomendado é 0,30, Materiais granulares 0,35 e Solos do subleito 0,40.

As 6 estruturas modeladas para verificação mecânica-empírica, com horizonte de projeto de 2 anos, estão descritas na Tabela 3. E as 6 estruturas modeladas, com horizonte de projeto de 10 anos na Tabela 4.

Tabela 3 - Estruturas do Pavimento analisadas com horizonte de 2 anos de projeto.

Estruturas Km 30,00				
Estrutura-1	Material	Esp. (cm)	$\overline{MR} - \sigma$ (MPa)	Coef. Poisson
Revestimento	CBUQ com polímero	8,5	1340	0,30
Base	Cascalho laterítico arenoso	23,0	173	0,35
Sub-base	Cascalho laterítico arenoso	20,0	198	0,35
Subleito	Argila arenosa marrom	0,0	305	0,40

Continua

Tabela 3 - Estruturas do Pavimento analisadas com horizonte de 2 anos de projeto.

Estrutura-2	Material	Esp. (cm)	\overline{MR} (MPa)	Coef. Poisson
Revestimento	CBUQ com polímero	8,5	1888	0,30
Base	Cascalho laterítico arenoso	23,0	281	0,35
Sub-base	Cascalho laterítico arenoso	20,0	330	0,35
Subleito	Argila arenosa marrom	0,0	396	0,40
Estrutura-3	Material	Esp. (cm)	$\overline{MR} + \sigma$ (MPa)	Coef. Poisson
Revestimento	CBUQ com polímero	8,5	2435	0,30
Base	Cascalho laterítico arenoso	23,0	390	0,35
Sub-base	Cascalho laterítico arenoso	20,0	462	0,35
Subleito	Argila arenosa marrom	0,0	487	0,40
Estruturas Km 80,40				
Estrutura-4	Material	Esp. (cm)	$\overline{MR} - \sigma$ (MPa)	Coef. Poisson
Revestimento	CBUQ com polímero	7,5	1394	0,30
Base	Solo brita	25,0	149	0,35
Sub-base	Cascalho laterítico arenoso	12,0	94	0,35
Subleito	Argila arenosa marrom	0,0	260	0,40
Estrutura-5	Material	Esp. (cm)	\overline{MR} (MPa)	Coef. Poisson
Revestimento	CBUQ com polímero	7,5	2438	0,30
Base	Solo brita	25,0	246	0,35
Sub-base	Cascalho laterítico arenoso	12,0	216	0,35
Subleito	Argila arenosa marrom	0,0	373	0,40
Estrutura-6	Material	Esp. (cm)	$\overline{MR} + \sigma$ (MPa)	Coef. Poisson
Revestimento	CBUQ com polímero	7,5	3481	0,30
Base	Solo brita	25,0	343	0,35
Sub-base	Cascalho laterítico arenoso	12,0	339	0,35
Subleito	Argila arenosa marrom	0,0	486	0,40

Tabela 4 - Estruturas do Pavimento analisadas com horizonte de 10 anos de projeto.

Estruturas Km 30,00				
Estrutura-7	Material	Esp. (cm)	$\overline{MR} - \sigma$ (MPa)	Coef. Poisson
Revestimento	CBUQ com polímero	11,0	1340	0,30
Base	Cascalho laterítico arenoso	23,0	173	0,35
Sub-base	Cascalho laterítico arenoso	20,0	198	0,35
Subleito	Argila arenosa marrom	0,0	305	0,40
Revestimento	CBUQ com polímero	11,0	1888	0,30
Base	Cascalho laterítico arenoso	23,0	281	0,35
Sub-base	Cascalho laterítico arenoso	20,0	330	0,35
Subleito	Argila arenosa marrom	0,0	396	0,40

Continua.

Tabela 4 - Estruturas do Pavimento analisadas com horizonte de 10 anos de projeto.

Estrutura-9	Material	Esp. (cm)	$\overline{MR} + \sigma$ (MPa)	Coef. Poisson
Revestimento	CBUQ com polímero	11,0	2435	0,30
Base	Cascalho laterítico arenoso	23,0	390	0,35
Sub-base	Cascalho laterítico arenoso	20,0	462	0,35
Subleito	Argila arenosa marrom	0,0	487	0,40
Estruturas Km 80,40				
Estrutura-10	Material	Esp. (cm)	$\overline{MR} - \sigma$ (MPa)	Coef. Poisson
Revestimento	CBUQ com polímero	11,0	1394	0,30
Base	Solo brita	25,0	149	0,35
Sub-base	Cascalho laterítico arenoso	12,0	94	0,35
Subleito	Argila arenosa marrom	0,0	260	0,40
Estrutura-11	Material	Esp. (cm)	\overline{MR} (MPa)	Coef. Poisson
Revestimento	CBUQ com polímero	11,0	2438	0,30
Base	Solo brita	25,0	246	0,35
Sub-base	Cascalho laterítico arenoso	12,0	216	0,35
Subleito	Argila arenosa marrom	0,0	373	0,40
Estrutura-12	Material	Esp. (cm)	$\overline{MR} + \sigma$ (MPa)	Coef. Poisson
Revestimento	CBUQ com polímero	11,0	3481	0,30
Base	Solo brita	25,0	343	0,35
Sub-base	Cascalho laterítico arenoso	12,0	339	0,35
Subleito	Argila arenosa marrom	0,0	486	0,40

TENSÕES E DEFORMAÇÕES

Utilizou-se o programa AEMC, para calcular as tensões e deformações atuantes no pavimento, empregando como dados de entrada as estruturas modeladas supracitadas. Todas as estruturas foram analisadas com quatro camadas distintas de revestimento, base, sub-base e subleito, com comportamento elástico linear, cujo módulo de resiliência é constante.

As tensões e deformações atuantes no pavimento foram verificadas, para o carregamento padrão equivalente de eixo simples de roda dupla, com pressão de pneus de 0,56 MPa, carga de configuração de eixo de 8200,00 Kg, carga de roda de 2050,00 Kg, distância entre eixos (Sy) 0,00 metros, distância entre rodas (Sx) 0,288 metros, área de contato do pneu com o pavimento é 0,03667 m² e raio da área de contato com 0,107946 metros. Com coordenadas para a Roda 1 de 0,144 metros em x, 0,000 metros em y; Roda 2 de -0,144 metros em x, -0,000 metros em y, para todas as estruturas.

Os pontos de análise foram determinados para verificar as deformações verticais reversíveis na superfície (D), deformações horizontais de tração (ϵ_t) na fibra inferior do revestimento e deformação específica de compressão no topo do subleito (ϵ_v). Dessa forma, foram selecionados os pontos somente na direção z, que é a coordenada em direção à profundidade do pavimento, para verificar nos pontos de maiores solicitações as tensões, deformações e deslocamentos das estruturas. Nas estruturas 1 a 3 os pontos foram definidos na direção z: 0,001 m; 0,084 m; 0,516m como mostra a Figura 8.

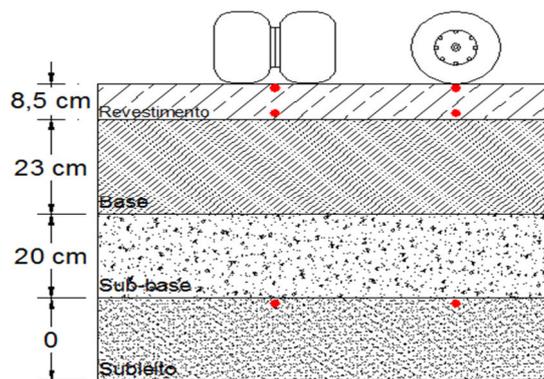


Fig. 8 - Pontos de análise nas Estruturas 1 a 3.

Da mesma forma os pontos foram definidos nas estruturas 4 a 6, na direção z: 0,001 m; 0,074 m; 0,446m. Nas estruturas 7 a 9, os pontos definidos na direção z: 0,001 m; 0,109 m; 0,541m. Nas Estruturas 10 a 12, os pontos definidos na direção z: 0,001 m; 0,109 m; 0,481m.

Após realizar os cálculos no AEMC, foram selecionadas as deformações calculadas nos pontos de interesse. Para deflexões verticais reversíveis na superfície (U_z), deformações específicas de tração na fibra inferior do revestimento (E_y), e as deformações de compressão no topo do subleito (E_z) descritas na Tabela 5.

Tabela 5 - Deformações e Deflexões atuantes

Estruturas analisadas	U_z (μm)	E_y (m/m)	E_z (m/m)
Estrutura - 1	379,8473	0,000426	-0,00019
Estrutura - 2	250,1292	0,000272	-0,00014
Estrutura - 3	187,4182	0,000199	-0,00011
Estrutura - 4	482,485	0,000492	-0,000252
Estrutura - 5	288,887	0,00029	-0,000177
Estrutura - 6	208,019	0,000206	-0,000135
Estrutura - 7	342,7138	0,000382	-0,00016
Estrutura - 8	227,979	0,000247	-0,00012
Estrutura - 9	171,678	0,000182	-9,8E-05
Estrutura - 10	410,532	0,00042	-0,000208
Estrutura - 11	246,193	0,000246	-0,000146
Estrutura - 12	177,396	0,000174	-0,000111

Em seguida, foram calculadas as tensões e deformações admissíveis, utilizando modelos de previsão de desempenho. Para os horizontes de projeto de 2 e 10 anos, utilizou-se o número "N" da USACE. Para o cálculo das deformações nas misturas betuminosas, utilizou-se o número "N" da AASHTO, obtido através da relação de 1 para 3 entre os métodos da USACE e AASHTO.

Tabela 5 - Dados do Trafego.

Horizonte em anos	Número "N"	
	USACE	AASHTO
2	7,70E+06	2,57E+06
10	6,00E+07	2,00E+07

A deflexão admissível (D_{adm}) foi definida, utilizando o modelo de Preussler & Pinto [1994]:

$$\log(D) = 3,148 - 0,188 * LOG(N_f) \rightarrow h < 10cm \quad (1)$$

$$\log(D) = 3,479 - 0,289 * LOG(N_f) \rightarrow h \geq 10cm \quad (2)$$

Onde D é a deflexão máxima total admissível (0,001) e N é o número de repetições de cargas.

Para o consumo de fadiga o modelo de Preussler & pinto [1984]:

$$N = 5,548 * 10^{16} * D_0^{-5,319} \rightarrow h < 10cm \quad (3)$$

$$N = 3,036 * 10^{13} * D_0^{-3,922} \rightarrow h > 10cm \quad (4)$$

Onde N é o numero de repetições do carregamento necessário à ruptura completa da amostra e D_0 é a deflexão calculada, expressa em 10^{-2} mm.

A Deformação vertical admissível no topo do subleito (ϵ_p) foi definida pelo modelo da *Shell Oil* [Monismith e Brown, 1999], com nível de confiança de 95%:

$$\epsilon_p = 0,019 * N^{-0,21} \quad (5)$$

Onde ϵ_p é a deformação específica plástica e N é o número de repetições de carga em laboratório.

E o consumo de fadiga para deformações verticais de compressão do subleito (N_{USACE}), foi definido pela equação 6, modelo da *Shell* [1985], com confiabilidade de 95%:

$$N = 1,05 * 10^{-7} \left(\frac{1}{\epsilon_v}\right)^4 \quad (6)$$

Onde N é o número equivalente de operações de eixo simples padrão de rodas duplas de 80 kN acumulado para o período de projeto e ϵ_v é a deformação específica vertical de compressão.

O consumo de fadiga devido à deformação horizontal de tração (ϵ_t) em misturas asfálticas, foi definido pelo modelo de verificação da FHWA [1976]:

$$N = 1,092 * 10^{-6} \left(\frac{1}{\epsilon_t}\right)^{3,512} \quad (7)$$

Onde N é o número equivalente de operações de eixo simples padrão de rodas duplas de 80 kN acumulado para o período de projeto e ε_t é a deformação específica horizontal na tração.

Em seguida, foram feitas as verificações entre as tensões e deformações atuantes e admissíveis, podendo dessa forma prever a capacidade de carga do pavimento, considerando as variações dos módulos de resiliência, as espessuras das camadas e o carregamento em função do tráfego para o horizonte de projeto de 2 e 10 anos. Descritas de forma resumida nas Tabelas 6 e 7.

Tabela 6 - Resumo das análises para horizonte de 2 anos de projeto.

Estruturas	Tipo	D_0 ($\times 10^{-2}$ mm)	$D_0 < D_{adm}$	(ε_v) ($\times 10^{-4} \frac{cm}{cm}$)	$\varepsilon_v < \varepsilon_{adm}$	(ε_t) ($\times 10^{-4} \frac{cm}{cm}$)	$\varepsilon_t < \varepsilon_{adm}$
1	Atuante	38	OK	1,85	OK	2,57E+06	NÃO
	Admissível	71,3		6,8		7,51E+05	
2	Atuante	27,5	OK	1,38	OK	2,57E+06	OK
	Admissível	71,3		6,8		3,63E+06	
3	Atuante	18,7	OK	1,1	OK	2,57E+06	OK
	Admissível	71,3		6,8		1,09E+07	
4	Atuante	48,2	OK	2,52	OK	2,57E+06	NÃO
	Admissível	71,3		6,8		4,53E+05	
5	Atuante	28,9	OK	1,77	OK	2,57E+06	OK
	Admissível	71,3		6,8		2,90E+06	
6	Atuante	20,8	OK	1,35	OK	2,57E+06	OK
	Admissível	71,3		6,8		9,64E+06	

Tabela 7 - Resumo das análises para horizonte de 10 anos de projeto.

Estruturas	Tipo	D_0 ($\times 10^{-2}$ mm)	$D_0 < D_{adm}$	ε_v ($\times 10^{-4} \frac{cm}{cm}$)	$\varepsilon_v < \varepsilon_{adm}$	ε_t ($\times 10^{-4} \frac{cm}{cm}$)	$\varepsilon_t < \varepsilon_{adm}$
7	Atuante	34,3	NÃO	1,64	OK	2,00E+07	NÃO
	Admissível	17		4,42		1,10E+06	
8	Atuante	22,8	NÃO	1,23	OK	2,00E+07	NÃO
	Admissível	17		4,42		5,09E+06	
9	Atuante	17,2	NÃO	0,98	OK	2,00E+07	NÃO
	Admissível	17		4,42		1,49E+07	
10	Atuante	41,1	NÃO	2,08	OK	2,00E+07	NÃO
	Admissível	17		4,42		7,90E+05	
11	Atuante	24,6	NÃO	1,46	OK	2,00E+07	NÃO
	Admissível	17		4,42		5,17E+06	
12	Atuante	17,7	NÃO	1,11	OK	2,00E+07	NÃO
	Admissível	17		4,42		1,74E+07	

Verificou-se que a análise feita para a deflexão máxima admissível apresentou valor superior às deflexões reversíveis atuantes na superfície do pavimento. As 6 estruturas, do primeiro e do segundo trecho, apresentaram valores satisfatórios. Da mesma forma, as deformações de compressão no topo do subleito apresentaram valores abaixo do valor admissível, para $N_{USACE} = 7,7 \cdot 10^6$ (2 anos), em todas as estruturas analisadas, do primeiro e segundo trecho, apresentando valores satisfatórios nas verificações em que $\varepsilon_v \leq \varepsilon_{adm}$. No entanto, na análise feita para as deformações específicas de tração nas fibras inferiores do revestimento, a estrutura 1 do primeiro trecho, e a estrutura 4 do segundo trecho, apresentaram valores inferiores ao $N_{AASHTO} = 2,57 \cdot 10^6$. As demais apresentaram valores satisfatórios, ou seja, os valores admissíveis de tráfego ($N_{ruptura}$) apresentam valores superiores ao tráfego atuante (N_{AASHTO}).

Observou-se que a análise feita para a deflexão máxima admissível para $N_{USACE} = 6,7 \cdot 10^7$ (10 anos), apresentou valor inferior aos valores de deflexões reversíveis atuantes na superfície do pavimento, a análise feita para as 6 estruturas, do primeiro e do segundo trecho, apresentaram valores insatisfatórios em que, a verificação $D_0 \leq D_{adm}$ não foi atendida. As deformações específicas de tração nas fibras inferiores do revestimento apresentaram valores admissíveis bem inferiores, em todas as estruturas analisadas. Os valores admissíveis são em média 65% inferiores ao N_{AASHTO} no primeiro trecho e no segundo trecho os valores admissíveis são em média 61% inferiores ao N_{AASHTO} .

Enfim, dos 3 parâmetros de deformabilidade obtidos pelo cálculo de tensões e deformações, nas 6 estruturas modeladas, com horizonte de projeto de 2 anos, apenas o parâmetro deformação específica de tração nas fibras inferiores da camada de revestimento, teve a verificação $N_{projeto} < N_{adm}$ não satisfeita, indicando que o pavimento romperá devido a fadiga na camada de revestimento. E nas 6 estruturas modeladas, com horizonte de projeto de 10 anos, o parâmetro deformação específica de tração nas fibras inferiores da camada de revestimento, teve a verificação $N_{projeto} < N_{adm}$ não satisfeita em 100% das análises. Indicando que tanto na primeira etapa como na segunda etapa, a camada de revestimento será responsável pela degradação precoce do pavimento.

No entanto, na data em que foram realizados os levantamentos no pavimento, os trechos apresentavam boas condições, com defeitos não prejudiciais à segurança do usuário, mostrados na Figura 2, aparentemente não apresentavam dano algum. Geralmente as trincas que ocorrem no revestimento devido à fadiga, tem início nas fibras inferiores e se propagam até a superfície na medida em que o pavimento vai sendo solicitado.

Vida útil

Após o cálculo das tensões e deformações e feita a verificação mecanística através dos parâmetros de deformabilidade obtidos, calculou-se a vida útil residual do pavimento, naquelas situações em que as tensões atuantes (σ) foram menores que as tensões admissíveis (σ_{adm}). Utilizando os valores previstos de número “N” de ruptura, obtidos através dos modelos de previsão de desempenho, relacionando-o com o número “N” de projeto, como mostra a equação 8:

$$Vida_{\text{útil}} = \frac{N_i}{N_{projeto}} * H \quad (8)$$

Onde N_i é o Número “N” de ruptura para o critério o critério i (D_0 , ε_t , ou ε_v), $N_{projeto}$ é o Número “N” de projeto e H é o horizonte de projeto.

Sendo assim, estimou-se a vida útil residual nas Estruturas 1e 4 pelo quesito de Deformação específica de tração nas fibras inferiores do revestimento (ε_t). Nas Estruturas 7 a 12 pelos quesitos de Deflexão reversível (D_0) e Deformação específica de tração na camada de revestimento (ε_t). Os resultados são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Vida útil residual do pavimento

Estruturas	Tipo	D_0 ($\times 10^{-2}$ mm)	Vida útil	(ε_t) ($\times 10^{-4}$ cm/cm)	Vida útil
1	Atuante	38	-	2,57E+06	0,58
	Admissível	71,3		7,51E+05	
4	Atuante	48,2	-	2,57E+06	0,35
	Admissível	71,3		4,53E+05	
7	Atuante	34,3	4,96	2,00E+07	0,55
	Admissível	17		1,10E+06	
8	Atuante	22,8	7,46	2,00E+07	2,55
	Admissível	17		5,09E+06	
9	Atuante	17,2	9,88	2,00E+07	7,45
	Admissível	17		1,49E+07	
10	Atuante	41,1	4,14	2,00E+07	0,40
	Admissível	17		7,90E+05	
11	Atuante	24,6	6,91	2,00E+07	2,59
	Admissível	17		5,17E+06	
12	Atuante	17,7	9,60	2,00E+07	8,70
	Admissível	17		1,74E+07	

As verificações indicaram que o pavimento, com horizonte de projeto de 2 anos, considerando o pior caso, tem vida útil residual de 0,35 anos correspondendo a 18% da vida útil de projeto, relacionado à fadiga na camada revestimento. E o pavimento com horizonte de projeto de 10 anos, terá vida útil de 0,55 anos correspondendo apenas a 5,5% do valor da vida útil do projeto. O que pode ser considerado, que esse resultado indica possível redução de vida útil dos trechos analisados, mesmo as trincas não aparecendo superficialmente, pelos resultados das análises indicam que já iniciaram nas fibras inferiores do revestimento, principalmente pelo fato de se tratar de espessuras com 7,5 e 8,0 cm, que diferente das camadas de revestimento mais espessa, as trincas se iniciam do interior e se propagam até superfície.

O fato agravante é que a camada de CBUQ foi dimensionada para uma vida útil de projeto de 10 anos, com espessura de 11 cm, no entanto, por indicação do DNIT, a etapa do processo de implantação foi dividida em duas partes. Portanto, nesse processo que antecede a segunda etapa de execução, de acordo com os resultados das análises descritos, após a implantação da segunda camada de CBUQ determinada em projeto, o pavimento, já apresentando fadiga, ocorrerá ruptura precoce não atingindo a vida útil esperada.

Consumo de Fadiga

O consumo de fadiga foi verificado para cada critério de ruptura (D_0 , ϵ_v e ϵ_t) sendo esses considerados os principais mecanismos de degradação que ocorrem no pavimento e subleito. Aplicou-se a Lei de Miner onde o consumo de fadiga do pavimento é uma relação entre o tráfego atuante com o tráfego admissível, sendo que valores ≥ 1 ou 100% resultam em ruptura.

$$CDF = \sum \frac{n_i}{N_i} = 1 \quad (9)$$

Nesta, " N_i " é o número de repetições de carga P que causa a ruptura principiante e " n_i " é o número de repetições esperado de P na vida de projeto.

As estruturas 1 e 4 apresentaram consumo de fadiga superiores à 100% no quesito deformação específica de tração. Para os critérios avaliados, apenas nas estruturas 2, 3, 5 e 6 apresentaram valores menores que 100% no quesito relacionado às deflexões reversíveis, deformação específica de tração e deformação de compressão no subleito. As estruturas 7 a 12 apresentaram consumo de fadiga inferior a 100% apenas no quesito deformação de compressão no subleito, nos demais critérios resultaram em valores bem maiores que 100%, resultados estes esperados conforme análise realizada e supracitada, onde as verificações de tensões atuantes, por serem maiores que as tensões admissíveis não foram atendidas. A Figura 9 mostra o consumo de fadiga devido à tração em todas as estruturas após a segunda etapa de implantação.

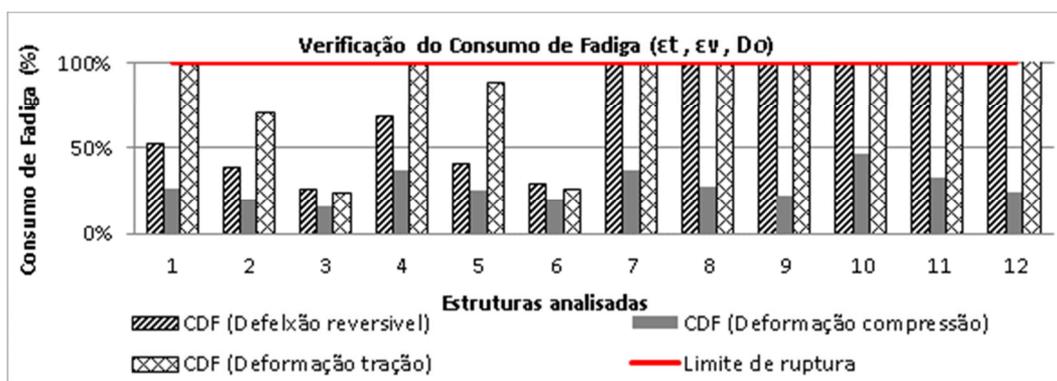


Fig. 9 - Consumo de fadiga de todos os critérios de rupturas nas duas etapas de implantação da camada de revestimento

Das estruturas analisadas, as três últimas, estruturas 10, 11 e 12 (Km 80,40), apresentaram maior consumo de fadiga em relação às estruturas 7, 8 e 9 (Km 30,00). Uma das causas pode estar relacionada ao processo construtivo, os ensaios realizados no Km 80,40 indicaram Grau de compactação nas camadas de base e sub-base abaixo do ideal e conseqüentemente foi o trecho que apresentou maior variação espacial nos levantamentos deflectométricos. Além disso, a camada de sub-base foi executada com espessura de 12,5 cm, quase metade da espessura especificada em projeto e o material da camada de base por ser granular, aumenta a incidência de tensões cisalhantes nas fibras inferiores do revestimento.

CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise no desempenho do pavimento da BR-163/PA dimensionado pelo método empírico do DNIT, através do método mecanístico-empírico, que aplica a mecânica dos pavimentos, como forma de prever como os

materiais que constituem as camadas estruturais e os solos do terreno de fundação, se comportam diante ações do tráfego e variações climáticas. Ao fim da análise do pavimento já executado, dos levantamentos destrutivos e não destrutivos, dos critérios de rupturas adotados e com base nos resultados obtidos, foi possível chegar a seguinte conclusão.

O fenômeno da fadiga, um dos principais responsáveis pelas rupturas precoces dos pavimentos do país, independe da espessura do revestimento, onde diferentes espessuras analisadas apresentaram resultados praticamente parecidos. O que vai determinar se o pavimento suportará a carga do tráfego e as ações climáticas são as propriedades mecânicas das camadas de revestimento e de base.

A primeira etapa de implantação do pavimento já apresentou fadiga na camada de revestimento, na implantação da segunda camada ocorrerá ruptura precoce, devido ao acúmulo elevado de fadiga. Além disso, em rodovias com tráfego pesado, como é o caso da BR-163/PA, camadas delgadas de revestimento asfáltico com base granular, são demasiadamente solicitadas, as Deformações específicas geradas nas fibras inferiores são bem elevadas. Portanto, mesmo constando nos manuais do DNIT, esse processo construtivo se torna inapropriado, diante da forma em que os pavimentos são concebidos. O indicado seria aliar ao processo de implantação por etapas um estudo aprofundado da vida de fadiga do pavimento. Assim como, materiais de base mais rígidos.

As análises deste estudo comprovam que a forma empírica em que os pavimentos vêm sendo concebidos, não é suficiente para que o mesmo alcance o tempo de vida útil de projeto. A simplicidade e simplificação do método acabam impondo o bom desempenho do pavimento, em função das espessuras das camadas granulares e do revestimento asfáltico, desconsiderando o comportamento mecânico dos materiais que constituem as respectivas camadas, que dependendo do tráfego e das ações climáticas, um mesmo material aplicado a pavimentos com características distintas se comportam de maneira diferente. Sendo assim, cada pavimento terá sua particularidade e generalizar o seu dimensionamento a partir de experiências e observações adquiridas outrora, tem como consequências pavimentos que não atendem as expectativas, resultando em processos de degradações de forma acelerada, fazendo com que necessite de intervenções antes de tempo pré-determinado.

REFERÊNCIAS

- [1]-Balbo, José Tadeu. Pavimentação Asfáltica: materiais, projetos e restauração. 1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- [2]-Bernucci, L.B., Motta L.M.G., Ceratti J.A.P., Soares J.B. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. 3ª ed. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2010.
- [3]-DER/SP, Instrução de Projeto de Pavimento, Anexo A. São Paulo. 53 pp. (Publ, IP., DE 000/001). Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo. Janeiro de 2006.
- [4]-DNIT, Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos. 2ª ed. Rio de Janeiro. 310 pp. (Publ, IPR., 720). Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. 2006b.
- [5]-Franco, F.A.C.P., 2007 Método de Dimensionamento Mecânico-Empírico de Pavimentos Asfálticos - SisPav. Tese de D.Sc. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- [6]-Medina, J., Motta, L.M.G., Mecânica dos Pavimentos, 3ª ed, Isbn, 978-85-7193-366-8.2015.

ARTIGO REF: 7037

USO DE SOLOS FINOS NA CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS TERRAPLANADAS DE BAIXO VOLUME DE TRÁFEGO. CASO DE ESTUDO: SOLOS DE MAGOANINE

Carlos Rodrigues Cumbane^{1(*)}, Cândido Filipe Vilanculos²

¹Laboratorio de Engenharia de Moçambique

²Instituto Superior de Transporte e Comunicações

(*)*Email*: carloscumbane@yahoo.com.br

RESUMO

Uma das infra-estruturas mais importantes para o desenvolvimento dos Municípios, são as estradas. Estas são responsáveis não só pela mobilidade dos Municípios, mais também na movimentação de bens e serviços.

A construção das estradas com um pavimento estrutural tradicional (base, sub-base e camada de desgaste), nem sempre é possível, dada a crescente necessidade de infra-estruturas (rodoviárias, ferroviárias e até habitacionais, etc.), agravada pelas limitações de recursos financeiros necessário para a obtenção dos materiais necessários que respondam as especificações.

Deste modo, para minimizar o impacto negativo resultante da falta das infra-estruturas sobretudo as rodoviárias, muitas da vezes tem-se recorrido a utilização de solos locais disponíveis como alternativa aos materiais tradicionalmente aceites.

Em Maputo, é notável o crescente volume do tráfego, no entanto esta tendência não tem sido muitas vezes acompanhadas pelo crescimento das infra-estruturas, tendo como consequência redução da mobilidade e aumento de tempo de viagem.

O presente trabalho faz uma avaliação da possibilidade do uso de solos finos provenientes da câmara de empréstimo de Magoanine em camada de desgaste em estradas não revestidas, bem como a avaliação do seu desempenho em estradas onde estes foram aplicados.

Esta avaliação é feita com base na inspeção visual em estradas anteriormente construídas e em ensaio laboratoriais e de campo relativamente mais simples, nomeadamente análise granulométrica, limites e CBR, para ensaio de campo recorreu-se a DCP.

O resultados dos ensaio efectuados mostra claramente que estes materiais segundo as especificações técnicas em uso no país estes não respondem, entretanto feita avaliação do desempenho, estes mostram que mesmo não respondendo, as estradas construídas com recursos recursos a estes materiais podem de certa forma melhorar os acessos e garantir ligação entre varios pontos deste município, bastante para tal que seja garantida um método construtivo adequado e um plano de manutenção adequada a este tipo de estradas.

REFERÊNCIAS

[1]-Mbatsana, Tenório N. M. dos Santos. Possibilidade de utilização de solos calcários como camada de desgaste de estradas terraplanadas e como base de estradas revestidas. ISUTC, Maputo. 2008.

- [2]-Miyazawa, Palot. Efeito de material vegetal na acidez do solo. R. Bras. Ci. Solo, 1993.
- [3]-Pereira, O. A. Solo-cimento. Curso de Especialização 108: Estabilização de Solos, Cap 2, LNEC, Lisboa, 1970.
- [4]-Pereira, O. A. Resistência e reologia de solos estabilizados. Curso de Especialização 108: Estabilização de Solos, Cap 3, LNEC, Lisboa, 1970.
- [5]-Pereira, O. A. Pavimentos rodoviários Volume I. ICT Especialização e aperfeiçoamento de vias de comunicação. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1995.
- [6]-Santana, H. Pontos básicos e elementares da estabilização granulométrica. In: Anais da 18º Reunião Anual de Pavimentação, 1983. Anais. Porto Alegre, p. 419-462.
- [7]-Santana, Jisela. Estudo do comportamento de solos artificiais em função da variação das características de sua fração grossa, 1998. São Carlos, Brasil.
- [8]-SATCC. Standart Specification for Roads and Bridge Works. Setembro 1998.
- [9]-Silva, Paulette dos Santos e. Estudo da possibilidade de utilização de solos calcários da província de Inhambane para fins rodoviários. ISUTC, Maputo. 2010.
- [10]-TMH1. Standard Methods of testing road construction material.
- [11]-TRH13. Cementitious Stabilizers In Road Construction. Pretoria, África do Sul, 1986.
- [12]-TRH14. Guidelines for Road Construction Materials. Pretoria, África do Sul, 1985.
- [13]-TRH20. The Structural Design, Construction And Maintenance of Unpaved Roads. Pretoria, África do Sul, 1990.

ARTIGO REF: 7038

IMPLICAÇÕES RESULTANTES DA MÁ EXECUÇÃO DOS ENSAIOS LABORATORIAIS E DE CAMPO

Carlos Rodrigues Cumbane^(*)

Laboratorio de Engenharia de Moçambique, Maputo, Moçambique

^(*)*Email:* carloscumbane@yahoo.com.br

RESUMO

Moçambique é um país em vias de desenvolvimento que durante vários anos viu o desenvolvimento das infraestruturas condicionado às limitações financeiras e aos conflitos internos, sobretudo no sector de estradas, onde apenas 30% de cerca de 30 056 km de estradas, é que são revestidas, tornando o país intransitáveis durante a maior parte da época chuvosa [1]. Para qualquer país, a rede viária garante maior mobilidade, tanto de bens e serviços assim como de pessoas.

Nos últimos anos Moçambique tem sido o destino privilegiado de várias nações, que chegam com objectivo de estabelecer seus negócios de apoio ao desenvolvimento para melhorar a sua condição de vida. Associa-se à este fenómeno, a descoberta de recursos minerais e a melhoria do ambiente de negócios, o que tem resultado no aumento da pressão na procura de habitação e vias de acesso e às infraestruturas hídricas.

Devido ao aumento do número de acidentes que se verificam actualmente em obras em construção ou já construídas (edifício, pontes, estradas, barragem e tc...) na sua maior parte relacionadas com a qualidade, é notório o crescente número de laboratórios comerciais a estabelecerem-se em Moçambique, com objetivo de participar na prestação de serviços de controlo de qualidade às obras. Entretanto, a existência de laboratórios não é um factor que, por si só, determina a qualidade das obras, é necessário que todos intervenientes no sistema de construção estejam consciencializados da importância de um laboratório na indústria da construção civil.

A problemática da qualidade das infraestruturas está na sua maior parte relacionada com os seguintes aspectos: (i)-Ausência ou deficiente plano de qualidade; (ii)-Implementação incorreta dos planos de controlo de qualidade; (iii)-Tratamento e/ou Interpretação inadequada dos resultados dos ensaios laboratoriais etc.

De uma forma geral pode concluir-se que alguns dos problemas da qualidade das infraestruturas derivam da qualidade da execução dos ensaios.

O falta de cumprimentos rigoroso do plano de controlo de qualidade, tem implicações que podem variar desde a má rentabilização do capital investido, por degradação precoce das infraestruturas[15 e 16].

perda de confiança com o cliente e os usuários das infraestruturas, e a perda de vidas humanas por acidentes.

Para o controlo de qualidade mais efetivo é indispensável que os ensaios sejam feitos por entidades que respondem às exigências mínimas necessárias para o controlo de qualidade [16,17].

INTRODUÇÃO

Moçambique é um país extenso cujo volume de infraestruturas encontra-se muito abaixo de satisfazer as necessidades da população. Durante muito tempo, o país, viu o crescimento das infraestruturas condicionado às limitações financeiras, agravado por conflitos internos, que tiveram como consequência o aumento dos índices de pobreza e de desenvolvimento humano. Para qualquer país, a rede viária é que garante a mobilidade, tanto de bens de serviços assim de pessoas. Entretanto, nos últimos anos, dada a melhoria do ambiente de negócios associada a descoberta de recursos naturais, Moçambique tem sido um dos destinos privilegiado para várias nações, o que tem conduzido a uma enorme pressão na procura das infraestruturas do tipo:

- Viárias e ferroviárias que possam permitir o escoamento rápido, e seguro de produtos de um ponto para outro a preços competitivos;
- Pontes para garantir a livre circulação e a travessia segura de estradas sobre vales ou cursos de água,
- Edifícios para satisfazer às necessidades estabelecimento de escritórios e de habitação derivado do crescimento populacional e do fenómeno de imigração campo-cidades;
- Barragens para garantir melhor gestão dos recursos hídricos e sobretudo o abastecimento de água.

A construção destas infraestruturas carece de um controlo de qualidade rigoroso feito por empresas ou entidades competentes [2], quer durante a fase de elaboração do projecto, de execução, bem como após a construção para garantir a durabilidade, segurança e racionalização dos poucos recursos.

Dado o crescente número de acidentes na sua maioria relacionados com a qualidade das obras, associada à necessidade de rentabilizar os investimentos, é notório o aumento do número de laboratórios associados, tanto aos empreiteiros, consultores mesmo a nível estatal com a intenção de dar o seu contributo no controlo de qualidade dos materiais aplicados nas diversas infraestruturas.

Influência dos ensaios na qualidade

A execução dos ensaios, tanto ao nível de laboratório, como de campo têm uma grande influência na garantia da qualidade da obra, pois a correcta execução, avaliação e interpretação dos seus resultados possibilita ajuizar se os materiais seleccionados satisfazem os requisitos de projecto ou adoptar medidas que visem o melhoramento das suas características para atender os padrões de qualidade desejados. As especificações para a realização destes ensaios, geralmente encontram-se estipuladas nos cadernos de encargo do projecto, incluindo os parâmetros e padrões de qualidade mínimos que devem ser satisfeitos.

No decurso do processo da construção das estradas, os ensaios efectuados com mais frequência são:

- Ensaio de identificação e classificação dos solos, [3], que consistem na determinação de algumas das suas características (granulométrica, [4] e limites de consistência [5] físicas atendendo o seu comportamento em estradas.),
- Ensaio de determinação da capacidade de carga de solos para materiais da camada de pavimento, leito, sub-base e base, em provetes compactados em laboratórios por

determinação do valor de CBR[6], que é uma medida empírica aferidora da capacidade de carga de solos, o seu uso é geralmente limitado a fins rodoviários.

- Ensaio do Controlo de compactação, geralmente feito pelo método de garrafa de areia[7] ou sonda nuclear, que tem como objectivo determinar a baridade seca obtida no campo e comparar com a obtida no ensaio de compactação, esta relação chamada grau de compactação, cujo valor de referência para sua rejeição ou aceitação está contida nas especificações do projecto [8].
- Ensaios de determinação da caracterização de recepção do betume, por avaliação das algumas propriedades, nomeadamente Penetração, Temperatura de amolecimento, viscosidade cinemática, Solubilidade, Temperatura de Inflamação em vasos abertos e Resistência ao envelhecimento [9].

Os ensaios de controlo de qualidade são influenciados por diversos factores, dentre os quais se destacam:

Ausência ou deficiente plano de controlo de qualidade

O plano de qualidade é um instrumento que orienta os procedimentos gerais conducentes à garantia da qualidade em obra. Contudo, em diversos projectos é notável a ausência deste plano, o que conduz a um processo de controlo de qualidade deficitário, ou feito de forma intuitivo.

Para além disto, nota-se também o seu incorrecto cumprimento quer por omissão ou definição incorrecta dos ensaios prescritos. A frequência dos ensaios parece muitas vezes encarecer a obra ou reduzir o decurso normal deste, mas é preciso recordar quanto menos for a frequência dos ensaios efectuados menor será a informação disponível para o ajuizamento dos materiais empregues [10].

Outro factor que influencia grandemente na qualidade das obras é aplicação inadequada das normas e das especificações do projecto por falta de clareza ou dificuldades de interpretação.

O uso de normas não referidas nas especificações para ajuizamento dos resultados resultam também na redução da qualidade final do projecto. Todos os parâmetros de controlo de qualidade constantes das especificações estão associados a um ensaio específico e de acordo com uma norma específica [11], a correlação entre dois ensaios de natureza diferente, facilita a previsão dos resultados de um determinado ensaio a partir do outro, mas em alguns casos os resultados previstos podem ficar afectados uma vez que esta correlação na maior parte dos casos não é linearmente perfeita.

Implementação incorrecta dos planos de controlo de qualidade

Um plano de qualidade deve prever ter uma boa comunicação entre o construtor, consultor, fiscal e o laboratório encarregue para a execução dos ensaios de conformidade.

Para garantia de qualidade é recomendável que todos os construtores tenham um laboratório ao seu poder como seu instrumento de avaliação da sua produção, entretanto este laboratório não deve servir para a execução dos ensaios de conformidade, para evitar conflito de interesse.

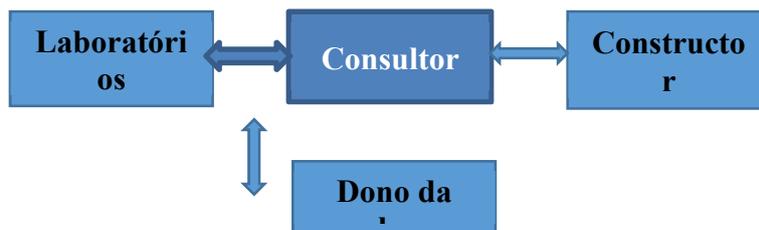


Fig. 1 - Ilustra o esquema de comunicação entre os intervenientes em obra.

É frequente o uso dos laboratórios de obra sob a gestão do construtor tanto para ensaios correntes assim como de conformidade, isto leva muitas vezes a dúvida de alguns resultados deixando o fiscal assim como o dono da obra em situação de desconforto, obrigando a recorrer a outros laboratórios para a execução de ensaios comparativos.

Estes resultados muitas vezes não são comparáveis pois estes laboratório executam os mesmos ensaios com normas ou procedimentos diferentes [12], outro factor que torna os ensaios incomparáveis é o grau de comprimentos das normas.



Fig. 2 - Buracos na camada de pavimento



Fig. 3 - Ilustram a fissuração e o conseqüente surgimento de buracos.

As imagens 1 e 2, mostram um pavimento construído em Moçambique, e cuja degradação foi precoce, por deficiência do controlo de qualidade[13].

O processo de recepção e conservação das amostras

As amostras que cheguem aos laboratórios após recepção devem ser corretamente identificadas e espalhadas e/ou conservadas, a sua má identificação conduz a sua má classificação e avaliação.

A conservação inadequada das amostras leva muitas vezes a contaminação, e dependendo do material da contaminação pode afetar significativamente o seu resultado final.



Fig. 4 - Ilustra uma amostra espalhada com a respectiva identificação Fig. 5 - ilustra uma amostra conservada em condições de risco

Uso adequado dos instrumentos de medidas e Verificação constante dos equipamentos

Os instrumentos de medida devem ser usados exclusivamente para o fim há que foram destinados tendo em conta precisão requerida do ensaio e do próprio instrumento (exemplo as Balanças e termómetros).

Instrumentos como compactadores, agulhas de penetração, as esferas no ensaio de los angels, crivos entre outros, estão suscetíveis ao desgaste durante a sua utilização, alterando deste modo o peso especificado ou medidas padronizadas afectando os resultados finais. Daí que a necessidade da existência de um plano de qualidade que inclui a verificação periódica de cada um destes instrumentos, como acima referido [14].

O cumprimento rigoroso das normas ou procedimentos de ensaios.

Para tornar os resultados dos ensaios provenientes de diferentes laboratórios comparáveis e competitivos é indispensável que as normas sejam rigorosamente cumpridas. As imprecisões resultantes da má compreensão das normas reduzem a qualidade do projecto.

Dependendo das normas os ensaios são efectuados de forma similar, entretanto usando equipamento diferentes, o que muitas vezes confunde os engenheiros na fase da aplicação dos resultados. Os métodos usados durante os ensaios devem obrigatoriamente constar das fichas.

É de vital importância que os equipamentos e instrumentos antes da sua utilização sejam verificados da sua concordância em relação as normas.

Tabela 1 - Resultados das compactações.

Amostra	1		2		3		4	
	MDD(Kg/m ³)	W(%)						
Agregado	2050	7	2000	7.3	2025	7	1978	8.2
Solo	1973	9.2	1969	9	1978	8.9	1973	9.2



Fig. 7 - Ilustra moldes de compactação para diferentes normas.

Tratamento e/ou Interpretação inadequada dos resultados dos ensaios laboratoriais.

Uma vez que durante a recolha da informação para a avaliação da qualidade dos materiais ou de pavimento envolve normalmente uma vasta gama de trabalhos, o que a priori exige várias equipas de trabalho, é de extrema importância que estas equipas estejam devidamente comunicadas e preferencialmente o engenheiro responsável pela compilação final dos dados ou pela execução do projecto final esteja envolvido nos trabalhos de forma que durante o tratamento da informação faça um bom relacionamento entre o observado e os resultados obtidos em ensaio ou nas inspecções visuais[17].

Os resultados dos ensaios por mais qualidade que tenham se a sua interpretação for feita de forma deficiente, estes perderão o seu valor. Os resultados dos ensaios tem uma valiosa aplicação quando a sua interpretação é feita de forma correcta. A execução conjunta de ensaios relacionados, permite-nos ter uma melhor aproximação das propriedades dos materiais. Entretanto alguns destes ensaios a sua aplicação requer que seja feito um tratamento estatístico ou aplicados factores de correcção. Citam-se como exemplos a determinação da tensão característica do betão, e da estabilidade Marshall.

Tabela 2 - Ilustra os resultados do ensaio de estabilidade Marshall.

Referência		Resultados			
Cliente	LEM	Altura do Prov. (mm)	Barid. do carrote (Kg/m ³)	Deformação (mm)	Estab. Marshal (kN)
1	2-A	64.2	2115	2.5	7.2
2	3-B	63.9	2035	2.4	6.9
3	4-B	64.2	2100	2.6	7
4	5-B	64.1	2990	3.5	6.8
5	6-B	63.5	2090	3.4	5.9

O quadro-4 acima, apresenta resultados obtidos do ensaio de determinação das deformações e estabilidade Marshall, entretanto a aplicação destes valores ainda necessitam de algum tratamento para torna-los comparáveis tendo em conta que os valores especificados tem como base um carrote de 63.5mm de espessura[15].

CONCLUSÃO

De uma forma geral pode concluir-se que:

Alguns dos problemas da qualidade das infraestruturas derivam da qualidade da execução dos ensaios.

A falta de cumprimentos rigoroso do plano de controlo de qualidade.

A má qualidade da execução das infraestruturas tem as seguintes implicações:

- Má rentabilização do capital investido,
- Perda de confiança com o cliente e os usuários das infraestruturas,
- Perda de vidas humanas por acidentes derivados da degradação precoce das infraestruturas [15 e 16].
- Perda de confiança com os doadores e consequente redução do capital investido.

RECOMENDAÇÕES

Encontrada uma das causas da falta da qualidade das infraestruturas, recomenda-se

- Para o controlo de qualidade mais efectivo é indispensável que os ensaios sejam feitos por entidades que respondem às exigências mínimas necessárias para o controlo de qualidade [2,16,].
- Intensificação das acções de formação e capacitação em matérias de procedimentos para controlo de qualidade.
- A introdução do sistema de gestão de qualidade, na execução dos ensaios dentro dos laboratórios.
- A promoção das acções de licenciamento e certificação dos laboratórios, e a acreditação dos ensaios.
- O cumprimento do postulado na decreto lei 59/2006 seja efectivado.

AGRADECIMENTOS

À Direcção do Laboratório de Engenharia pela oportunidade que concedeu aos autores para tornar possível a realização deste trabalho.

Ao Dr Eng Américo Dimande, Dr Luis Abel Sozinho e Moisés Mabue pelo incentivo e o apoio dado na elaboração do Trabalho.

REFERÊNCIAS

[1]-Administração Nacional de Estradas,

[2]-American Association for Testing Materials, standart practice for Minimum Requirements for Agencies Engaged in the Testing an/ Inpections of soisl and rock as used in Engineering Design and Construtions, ASTM D 3740,

[3]-Laboratório Nacional de Engenharia Civil- Portugal, Solos, classificação para fins Rodoviários E240-1970, Feveiro 1971.

- [4]-American Association for Testing Material, standart test Method for Particle-size Analysis, ASTM D422, 1998.
- [5]-American Association for Testing Material, standart test Method for Liquid Limit, Plastex Limit, and Plastex Index of Soils. ASTM D4318-00, 2000.
- [6]-American Association for Testing Material, standart test Method for CBR of Laboratory-Compacted of Soils. ASTM D1883.
- [7]-Braja M. Das, Fundamento de Engenharia Geotecnica. 6^a edição.
- [8]-Division of Road and Transport Technology, CSIR-Standart Specification for Road and Brieger, 1998.
- [9]-Fernando, E.F. Branco, Luis Picanto Santos, Silvino Dias Capitão, Vias de Comunicação, Volume -2, quadro-19.1, propriedades e métodos de ensaio de betume de pavimentação.
- [10]-West Cape Provincial Administration, Department Transport and Public Works Roads Infrastructure Branch, Materials Manual, Chapter-8, Quality Assurance, table 8-1,8-3,8-7, 8-8, 8-10, 8-10 and 8-11,June, 2007.
- [11]-Committee of State of Road Authority, Guideline for Road and Constructions Materials, TRH 14, South Africa, 1985.
- [12]-LEM, 34.433 Carotes betuminosos, Marco 2016 & LEM 34.058, Carotes Caracterização de carotes betuminos
- [13]-Estudo das Causas da degradação precoce no pavimento da Avenida Julius Nyerere na Cidade de Maputo, April, 2015.
- [14]-American Association for Testing Materials, standart practice for Minimum Requirements for Agencies Engaged in the Testing and/ Inspections of soils and rock as used in Engineering Design and Constructions, ASTM D 3740, Quality Systeme Criteria pp3.
- [15]-LEM,(33.861) inspeção e Peritagem as obras de pavimentação da Estrada N221 entre Caniçado Chicualacuala., Abril 2015
- [16]-LEM, Relatório (31.486) sobre Reabilitação da Avenida Julius Nyerere, Fevereiro
- [17]-Laboratório de Engenharia de Moçambique, Regulamento de licenciamento de laboratórios comerciais, decreto 10/2003.
- [18]-Guidelline, Roads Departments, Pavement testing, analysing and interpretations of data, May 2000.

ARTIGO REF: 8001

GROUND IMPROVEMENT SOLUTIONS FOR HARBOURS

António Cristóvão^(*), Alexandre Pinto, Rui Tomásio

JETsj Geotecnia, Lda, Lisbon, Portugal

^(*)*Email:* acristovao@jetsj.com

ABSTRACT

Over recent years the world witnessed the construction of new port infrastructures has they play a crucial role on the development of worldwide trading and regional economic growth. This type of infrastructures commonly requires the occupation of considerable areas of land, allowing the creation of large shipping and storage areas. However, the availability of free land together with deep water coast lines, compatible with the use of large draft vessels, is becoming increasingly hard to find. The solution then involves the construction of deep quay walls and the creation of technically demanding artificial platforms, challenging the engineering capacities. Seeking for inexpensive and appropriate technical solutions, capable to overcome the challenges imposed by the construction of such infrastructures, use has been made of ground improvement solutions. Its wide range of techniques, easily adapted to different technical scenarios and geological conditions, are considered to be an added value in most projects. This paper describes the contribution provided by different ground improvement techniques on the construction of new harbours and maritime facilities.

Jet Grouting

Ground improvement using jet grouting is considered to be one of the most versatile technique, has it can easily adapt to a considerable range of situations and different geotechnical conditions. In most cases, new harbours involve the construction of deep quay walls. In the African shoreline, the new Container Terminal at Lomé - Togo, demanded the construction of a 1000m long quay wall. It comprised a twenty nine meter deep reinforced concrete diaphragm wall, connected to an anchored dead man wall through a forty five meter long steel tie rod system.

As a consequence of a complementary site investigation undertaken during construction, a weak clayey silty layer was detected in some areas along the quay wall demanding the ground improvement at the wall base. As the diaphragm wall was already constructed, a solution consisting on jet grout columns was then used, allowing preventing punching and contributing to increase the overall wall stability. Jet grouting columns, installed at the passive side of the wall had contributed to increase the overall quay wall stability, whilst, jet grout columns intersecting the wall provided higher skin friction, increasing the bearing capacity.

The versatility of jet grouting columns also enables its use on temporary earth retaining structures, allowing overcoming earth stability problems during construction. A case study of jet grouting walls located at the transition zone between a new quay wall and an existent breakwater are presented. It consists of two different solutions, according to the excavation geometry and the main constraints observed at the site. The first solution comprised a temporary gravity wall and the second solution refers to the junction of the perpendicular quay wall with the existing breakwater. Both adopted solutions were found to be profitable to overcome demanding local constraints, such as the presence of distributed blocks from the

existing rock fill. To be well succeeded, both jet grouting and vibro techniques require an exhaustive geological-geotechnical campaign, carried out before and during the works, as well as the execution of appropriate field trials.

Preliminary field testing shall constitute the basis of any ground improvement solution, allowing the adaptation of the design assumptions to the real conditions observed at each site. In addition to laboratory field tests on jet grouting samples, suitable to determine the composite soil-cement material stiffness and resistant properties, it is to highlight the advantages of using non-destructive methods to assess the jet columns diameter at the site. Regarding this matter, direct measurements undertaken on an exposed jet grout column were compared with resistivity measurements according to the electric cylinder method. It has been found that the electric cylinder method provides accurate results, making of it a valid method to estimate the jet grout columns diameter. One of the most important advantages of the aforementioned method is that it provides results shortly after the jet grout columns installation, thus, reducing the time usually consumed on this kind of task.

Deep Soil Vibration

Ground-improvement techniques by deep soil vibration have been broadly used in port facilities, aiming to create stable platforms with suitable characteristics for container storage and equipment operation. At the Lomé Container Terminal, upper frictional soils were found to be inadequate to receive the design imposed loads and therefore vibrocompaction works were carried out to improve soil characteristics.

The proposed port platform required the placement of up to 3.50m thickness of fill material to form a base for the concrete pavement slab. Being a cost effective and a high production rate technique, vibrocompaction is considered to be a competitive solution on improving the characteristics of platforms formed by granular soils. Once again, field trails were found to be crucial to confirm the adequacy of the solution and determine the adequate grid spacing of the compaction probe. Independent of the treatment grid spacing adopted, vibrocompaction clearly increased the relative density of the granular materials, typically corresponding to behaviour soil type index behaviour (I_c) of between 1.31 and 2.05. Conversely, no evident improvement was found in soils with a behaviour soil type index (I_c) higher than 2.05. Based on the results of soil relative density testing two and ten days after vibrocompaction treatment, it is confirmed that the relative density tends to increase with time after vibrocompaction.

Careful use of vibrocompaction is advisable when at the presence of dense sands, typically with CPT (cone penetration test) cone resistance values varying from 25 to 30MPa, as a decrease of soil initial stiffness may be expected. During vibrocompaction works, any contact with underlying clay layers may lead to soil contamination due to washed in clay material, precluding the achievement of higher relative density results in the upper granular soil layers.

Final Remarks

An overall appreciation of the different ground improvement works presented in this study had clearly demonstrated how jet grouting together with vibro techniques can contribute to solve different engineering problems in new Harbours and maritime facilities construction.

REFERENCES

- [1]-EN 12716:2001 Execution of special geotechnical works. Jet grouting.
- [2]-EN 14731:2005 Execution of special geotechnical works. Ground Treatment by deep vibration.

ARTIGO REF: 8002

LOMÉ CONTAINER TERMINAL - QUAY WALL DESIGN

Rui Tomásio^(*), Alexandre Pinto, António Cristóvão

JetSJ Geotecnia, Lda., Lisboa, Portugal

^(*)Email: rtomasio@jetsj.com

ABSTRACT

The aim of this paper is to describe the main design and execution criteria regarding the quay wall solution adopted which is being constructed at a length of approximately 1000 meters in the new container terminal at the Lomé Port, Togo.

These structures include a 29-meter deep reinforced concrete diaphragm wall, connected to an anchored dead man wall through a 45-meter long steel tie rod system. The quay cranes will run over the diaphragm wall on the sea side and on a beam, founded on bored piles, on the land side.

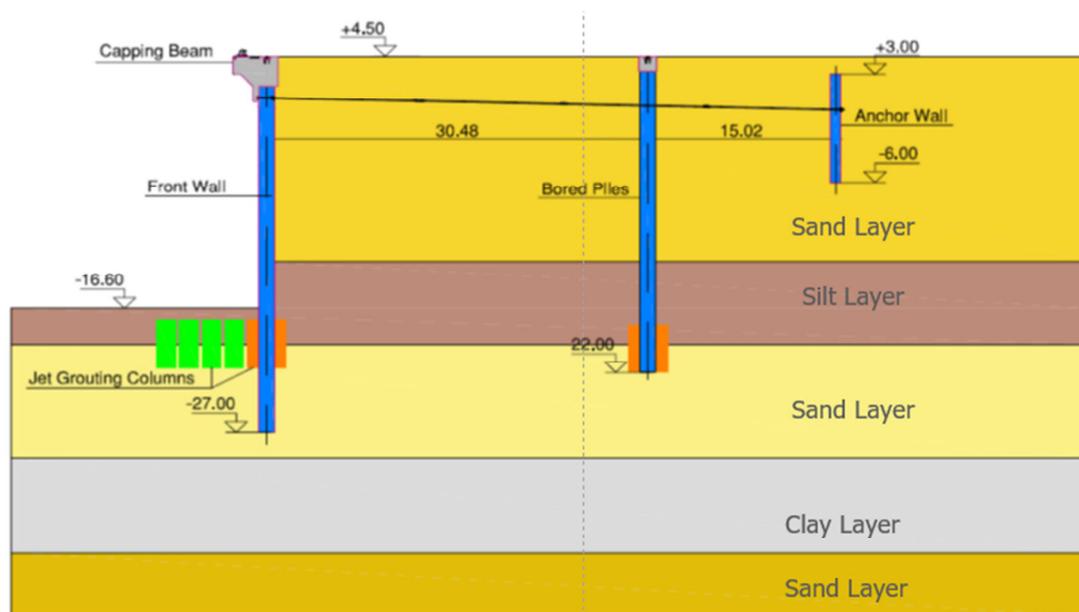


Fig. 1 - New container terminal, Lomé Port, Togo

Several constraints were taken into consideration, for example, the geological-geotechnical conditions as well as the high loads (due to the bollards and the crane rails), the durability, the safety and the costs.

Finally, as a result of a soft clay layer, located next to the diaphragm wall tip, the ground at the wall tip level was improved in several sections with jet grout columns to prevent punching and increase the overall stability. The soil in the passive zone of the diaphragm wall was also improved with jet grouting columns to reduce the deformation and the bending moments in the quay wall.

The paper will address the wide range and versatility of solutions adopted during the construction of the quay wall of the Lomé Container Terminal, at Togo. Other aspects, such

as design loads, relevant ultimate and service limit states, quality control and quality assurance procedures and monitoring plan will also be discussed along the paper.



Fig. 2 - Global view of the works

REFERENCES

- [1]-BS EN 1992-1-1:2004: Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings.
- [2]-BS EN 1997-1:2004: Eurocode 7. Geotechnical design. Part 1: General Rules.
- [3]-BS EN 12716:2001 Execution of special geotechnical work. Jet grouting.
- [4]-BS EN 1536:2000: Execution of special geotechnical works. Bored Piles.
- [5]-BS EN 1538:2000: Execution of special geotechnical works. Diaphragm walls.
- [6]-BS 6349-2:2010 Maritime works. Code of practice for the design of quay walls, jetties and dolphins.

ARTIGO REF: 8003

APROFUNDAMENTO DO POSTO DE ACOSTAGEM (9) DO PORTO DE MAPUTO

José Cerejeira^(*), José Pernão, João Martins

PROMAN Centro de Estudos e Projetos S.A. - Lisboa, Portugal

^(*)Email: jose.cerejeira@proman.pt

RESUMO

Tendo como objetivo reabilitar e manter em bom estado as infra-estruturas do Porto de Maputo, tendo ainda em vista o desenvolvimento do negócio de carga e melhoramento da eficiência das operações do Porto, em particular no que se refere aos terminais de carga de Maputo e de granéis de Matola, pretendeu a MPDC aprofundar as cotas de serviço no posto de acostagem 9 de -12mZH para -15mCD, sem causar instabilidade nas estruturas existentes.

Atualmente, o MPDC está a aprofundar o canal de navegação do Porto de Maputo a partir da cota de serviço existente a -11mCD, até às profundidades necessárias para permitir que os navios Panamax com um calado máximo de 14.2m entrem e saiam do Porto de Maputo em 75% das marés.

Assim, com o objetivo de estudar o aprofundamento da bacia do posto de acostagem para a cota -15.0mCD, foram estudadas diversas soluções de forma a:

- Analisar o desempenho estrutural dos cais existentes no comprimento total do posto de acostagem 9, com base nas informações existentes;
- Definir soluções de reforço estrutural e melhoramento de solos de forma a evitar fenómenos de instabilidade nos cais existentes em virtude do aprofundamento da bacia;
- Definir um conjunto de sistemas de defensas adequado ao novo tipo de navios que irão operar no cais.

A zona em estudo possui dois tipos de estrutura acostável com soluções distintas, Figura 1:

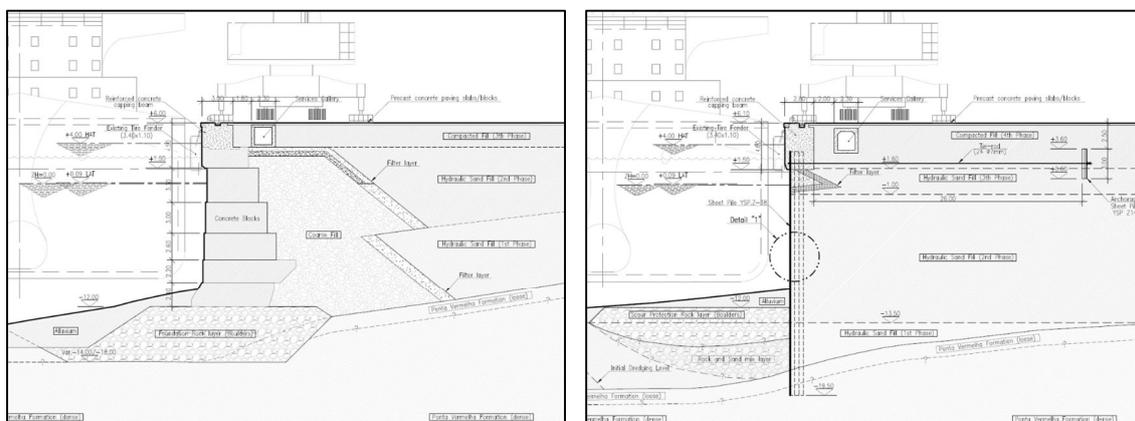


Fig. 1 - Estrutura existente: Cais tipo "J" e "L" respetivamente

- A secção de cais tipo "J" é uma estrutura de gravidade, com blocos de betão sobrepostos e com uma viga de superestrutura em betão armado, fundada num prisma de enrocamento, dotada de prisma de alívio no tardoz.

- A secção de cais tipo "L" é composta por uma cortina ancorada de estacas prancha em aço com viga de coroamento em betão armado e um único nível de tirantes de ancoragem.

As soluções estudadas visaram definir uma solução de aprofundamento com a mínima perda de alcance da grua móvel. Com base nas análises efetuadas em modelo Plaxis, revelou-se necessário reforçar a base da estrutura do cais para garantir fatores de segurança adequados bem como deformações reduzidas sem acréscimo de esforços na estrutura.

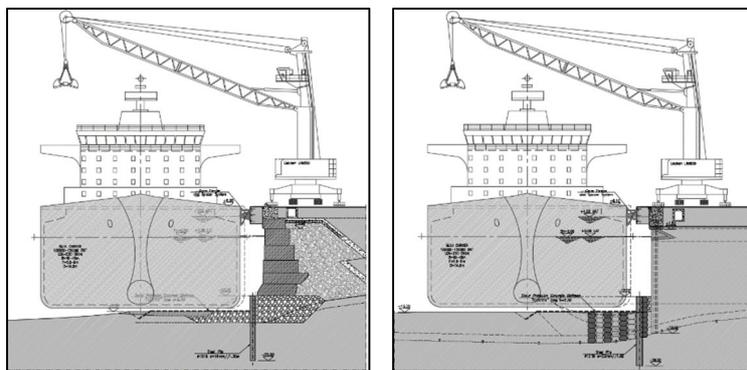


Fig. 2 - Reforço estrutural/melhoramento de solos: Cais tipo "J" e "L" respetivamente

De acordo com o dimensionamento efetuado, foi necessário dotar as estruturas de uma cortina de estacas metálicas (preenchidas com betão), com uma penetração de pelo menos 7,0m na formação de arenito da "Ponta Vermelha". Esta solução estrutural não altera as condições de operação existentes e permite manter as mesmas cargas de serviço no terrapleno. O aumento da pressão lateral do solo, devido ao aprofundamento da bacia frontal do cais, é suportado pela nova estrutura de reforço. O comprimento e a seção das estacas é o suficiente para manter aproximadamente os mesmos fatores de segurança que a estrutura tinha antes do aprofundamento.

No cais de seção "L", a solução de reforço da base afigurou-se insuficiente para manter o grau de segurança atual. Concluiu-se então que, após a dragagem, poderiam ocorrer algumas descompressões dos solos o que aumentaria os esforços na cortina de estacas prancha e reduziria o fator de segurança do conjunto. Assim, para manter a necessária reação passiva do solo e evitar a descompressão do prisma, tornou-se necessário completar a solução de reforço estrutural com um melhoramento dos solos através de colunas de grout (compaction grouting). Estas colunas irão consolidar a camada arenosa superficial e garantir um adequado impulso passivo na frente de cais. Só depois disso é possível dragar com segurança até o nível definido de -15,0mCD.

Devido ao processo construtivo previsto, as estacas não podem ser construídas tangentes umas em relação às outras, existindo sempre um "vazio" através do qual os materiais podem sair do interior do prisma de fundação do enrocamento. Para evitar esta perda de material, adotou-se um sistema composto por colunas de grout com vista à consolidação dos materiais menores que poderiam sair.

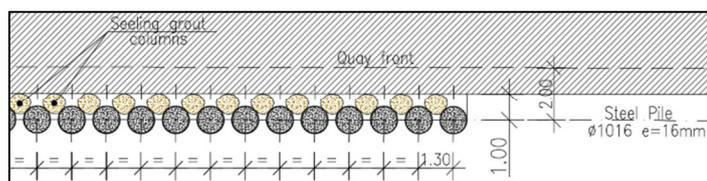


Fig. 3 - Selagem do espaço entre estacas

ARTIGO REF: 8004

APROFUNDAMENTO DO CAIS E AMPLIAÇÃO DO TERMINAL DE CONTENTORES DE ALCÂNTARA

José Cerejeira^(*), José Pernão

Engº Civil na PROMAN, SA, Lisboa, Portugal

^(*)Email: jose.cerejeira@proman.pt

RESUMO

O cais de Alcântara-Rocha foi originalmente construído no fim do século XIX com cerca de 1675 m de comprimento total. No início da década de 80 do século XX foi realizado o avanço de 80 m na parte jusante da frente marítima, com o comprimento de 1091 m e o objectivo de este cais, designado por cais de Alcântara, vir a ser explorado como terminal de carga geral com gruas sobre carris com 4,75 m de bitola. As estruturas destes cais eram constituídas por 46 caixotões de betão armado justapostos, construídos em doca flutuante e afundados no local com enchimento das células com areia.

Posteriormente, em meados da década de 80, no trecho de montante com 630 m de comprimento, foram realizadas as obras necessárias para funcionar como terminal de contentores, que consistiram, principalmente, na construção dos caminhos de rolamento de pórticos de cais para movimentação de contentores com a bitola de 18 m, e na repavimentação superficial.

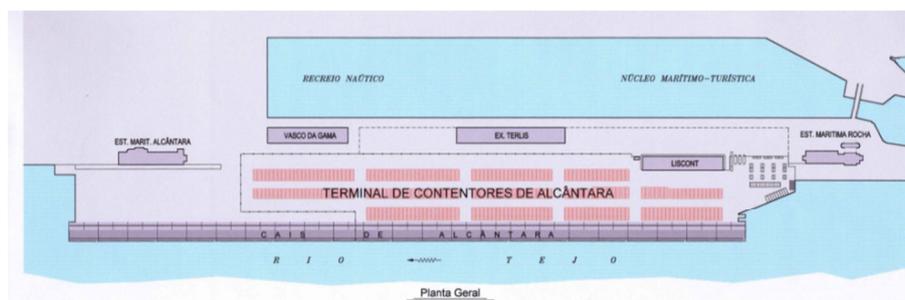


Fig. 1 - Planta Geral do Terminal de Contentores de Alcântara, Lisboa

De Fevereiro de 1999 até Outubro de 2000 foi feito mais um avanço da frente marítima mediante a construção de uma plataforma com 18,5 m de largura e comprimento de 1091 m, que envolveu a execução de uma infra-estrutura com 552 estacas de betão armado encastradas no maciço rochoso e de uma super-estrutura com cerca de 25 000 m³ de betão armado. Incluído na mesma empreitada foi também efectuado o aprofundamento do leito do rio para a cota de -13,0 mZH. Nesse plano de dragagem para aprofundamento da frente acostável foram criadas condições nas estruturas do cais de forma a se poder obter cotas de -14,0mZH, quando tal for oportuno.

Com este aprofundamento do cais, a par da ampliação da área de estacionamento, o Terminal de Contentores de Alcântara, em Lisboa, ficou preparado para receber navios porta contentores de aproximadamente 6000TEUs.

Além da complexidade dos trabalhos descritos, foi necessário assegurar a continuidade da operação do terminal de contentores, o que obrigou a efectuar recepções provisórias de vários trechos com sucessivas transferências dos equipamentos de movimentação dos contentores.

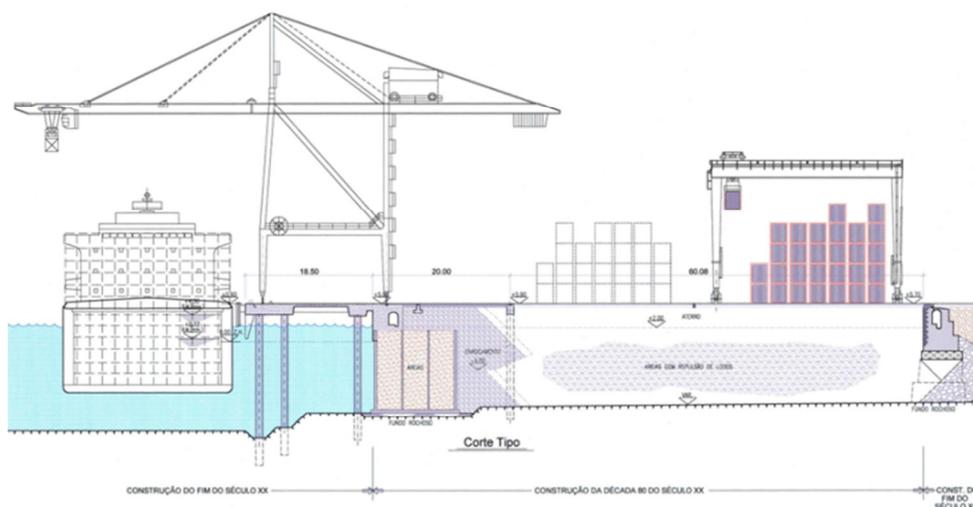


Fig. 2 - Secção Tipo do Terminal de Contentores de Alcântara, Lisboa

Apesar das dificuldades geotécnicas relacionada com o desmorte de rocha no mar e com a realização das fundações em estacas, próprias de uma obra com a complexidade, os requisitos e constrangimentos operacionais descritos, a empreitada foi realizada dentro do preço e do prazo previstos pelo dono da obra.

As principais obras realizadas foram as seguintes:

- Desmorte da rocha basáltica com explosivos, cujo volume foi cerca de 53 000 m³, realizado durante cerca de 7 meses a partir de batelão. O controlo das vibrações induzidas em terra pelas explosões foi feito pelo LNEC.
- A infra-estrutura é constituída por 552 estacas de betão armado Ø1,0 m, encastradas na parte pouco alterada do maciço rochoso e dispostas segundo três alinhamentos. Enquanto que as estacas dos dois alinhamentos do lado do rio (A e B) foram construídas a partir de batelão, as do alinhamento do lado de terra (C) foram construídas a partir de terra (do cais existente). A ocorrência de correntes de maré com velocidades elevadas, requereu a execução de atirantamentos dos tubos molde metálicos.
- A super-estrutura é formada por uma espessa laje frontal, assente sobre as fiadas A e B e uma viga, próxima do cais existente, assente sobre a fiada C. Na construção destes elementos estruturais principais do tabuleiro foi utilizada uma plataforma metálica. Utilizaram-se vigas transversais pré-fabricadas e pré-lajes. Na super-estrutura do cais foram utilizados cerca de 25 000 m³ de betão armado.



Fig. 3 - Vista Geral da Obra

ARTIGO REF: 8005

FASE 2 DA EXPANSÃO DO TERMINAL XXI - SINES

José Cerejeira^(*), José Pernão, João Martins

PROMAN Centro de Estudos e Projetos S.A. - Lisboa, Portugal

^(*)Email: jose.cerejeira@proman.pt

RESUMO

A PSA Sines, atual concessionária do Terminal de Contentores de Sines, face à evolução no movimento de contentores que tem ocorrido nos últimos anos iniciou um programa de desenvolvimento e expansão das suas instalações com vista a acolher mais e maiores navios por forma a poder responder adequadamente às previsões de crescimento.

No âmbito dessa expansão, a PROMAN tem vindo a desenvolver diversos projetos de Estruturas Acostáveis e Plataformas de Armazenamento de Contentores, que incluem obras de dragagem, fundações e estruturas, equipamentos de apetrechamento de cais e infra-estruturas de serviços, movimentos de terras relacionados com a criação de plataformas e os respetivos pavimentos associados e necessários para a construção e operação.

Nas fases de ampliação do cais de acostagem, foi adotada uma estrutura aberta composta por uma plataforma de betão armado, com lajes maciças à cota +6,10mZH e um conjunto de vigas longitudinais. Esta plataforma encontra-se fundada sobre cinco fileiras de estacas de betão, executadas com camisa metálica perdida, as quais atingiram uma profundidade de penetração de pelo menos 5m nas formações geotécnicas do fundo do mar, constituídas por rocha de natureza xistosa alterada e moderadamente alterada. Um manto de enrocamento colocado sob a plataforma do cais proporciona proteção e estabilidade para o talude do aterro que fica exposto ao mar.

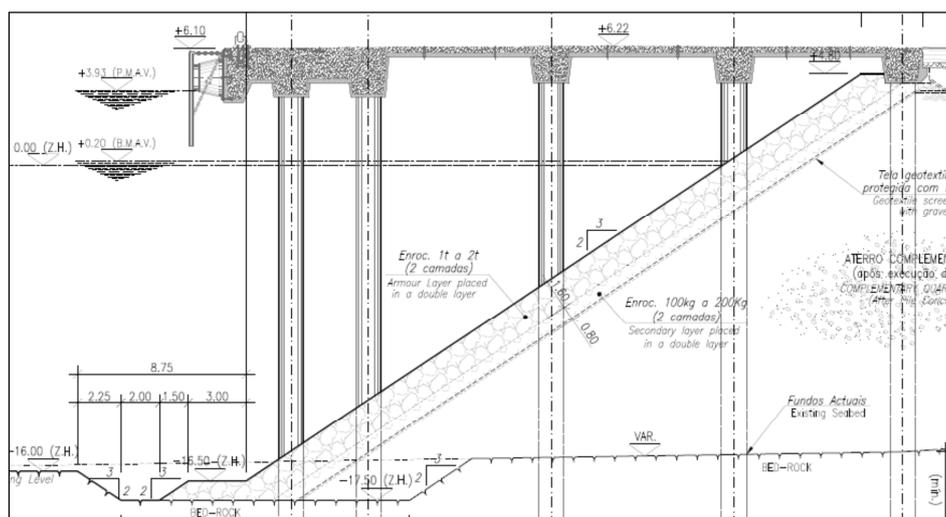


Fig. 1 - Corte Tipo da Estrutura do Cais

A solução encontrada procura tirar partido do ambiente geotécnico existente, combinando numa única unidade, uma estrutura porticada de frente aberta fundada sobre estacas verticais circulares de betão armado, com o prisma do aterro adjacente que, juntamente com as estacas que ficarão encastradas no "bed rock" do fundo do mar, proporcionam a estabilidade e

segurança estrutural. Constatou-se que as condições geotécnicas existentes indicam claramente a existência de uma camada geológica com uma capacidade de fundação, "bed rock", a um nível muito superficial constituída por rocha de natureza xistosa alterada e moderadamente alterada com intercalações de rocha magmática dura (dioritos). A camada mais alterada e com pouca competência de fundação encontra-se logo à superfície podendo atingir espessuras da ordem de 1.50 a 2,00m.

A verificação da capacidade de carga das estacas foi feita considerando o método de Rowe e Armitage, adequado para estacas embebidas em formações rochosas. Foi feita uma estimativa do módulo de deformabilidade e das resistências lateral e de ponta com base na resistência à compressão uniaxial (UCS) da rocha intacta e do estado de fracturação do maciço. Foi também considerada a adequada da contribuição da resistência lateral e da resistência de ponta tendo em conta o módulo de elasticidade do betão, o módulo de deformabilidade do maciço rochoso bem como a relação entre o comprimento de encastramento e o diâmetro da estaca. Realizou-se uma estimativa dos assentamentos expectáveis das estacas e comparação com os valores admissíveis. Todos os valores considerados no dimensionamento foram posteriormente confirmados através de ensaios de carga dinâmicos.

Para além da infra-estrutura de cais, o Terminal XXI também possui terraplenos pavimentados e infraestruturados criando áreas de movimentação e armazenamento de contentores bem como vias de acesso e manobras para veículos e pórticos de parque sobre pneus, designados RTGs. Toda a área do parque de contentores é pavimentada e devidamente equipada com sistemas de drenagem de água pluvial, energia elétrica, iluminação e eletrificação dos pórticos de parque RTGs.

As áreas de aterro correspondentes à retro-área de apoio ao cais, foram realizadas utilizando materiais provenientes da pedreira de Monte Chãos. Os inertes existentes em maior abundância na pedreira são caracterizados por material indiferenciado, constituído por corneanas, saibros e outros inertes existentes, embora existam também materiais rochosos de melhor qualidade os quais foram reservados para as proteções marginais. Em termos de processo construtivo, primeiro foi executada uma plataforma até à cota de aproximadamente +5,0mZH construída sempre a partir de terra e com meios convencionais, consistindo na descarga direta de material de matriz rochosa proveniente da pedreira. A última fase de aterro corresponderá ao enchimento da faixa entre o talude ao longo da primeira fase de aterro e a viga de tardo do tabuleiro do cais. Uma vez que o aterro atinge espessuras próximas de 20m, preconizou-se a realização de uma pré-carga, realizada por troços sucessivos, com um valor de 70kN/m^2 , equivalente à sobrecarga de serviço no terraplino. Foram observados assentamentos totais da ordem dos 0.20m correspondentes a assentamentos imediatos, tendo estes estabilizado rapidamente e não tendo sido observada posteriormente qualquer evolução dessas deformações. A fase final do aterro foi executado apenas após a plataforma construída se encontrar bem estabilizada. Nessa fase final os aterros foram concluídos por camadas sucessivas, compactadas com cilindro vibratório.

Em fase de projeto foi ainda avaliada a suscetibilidade à liquefação dos solos de aterro tendo-se concluído que uma vez que o solo da fundação do aterro (leito marinho) é constituído por xistos alterados e mediantemente alterados, não é espectável a existência de nenhuma camada geológica constituída por materiais granulares finos, com uma possança significativa, que impeça a dissipação das pressões intersticiais em caso de sismo. Por outro lado, uma vez que o aterro é construído através do lançamento do enrocamento diretamente no mar, parte dos finos que compõem o aterro serão "lavados", resultando numa percentagem de finos bastante reduzida.

ARTIGO REF: 8006

NOVA PONTE MÓVEL DE LEIXÕES

José Pernão^{1(*)}, José Cerejeira¹, Nunes de Almeida²

¹PROMAN Centro de Estudos e Projetos S.A. - Lisboa, Portugal

²JNA - Lisboa, Portugal

(*)*Email*: jose.pernao@proman.pt

RESUMO

A ligação viária entre Matosinhos e Leça da Palmeira foi construída entre 1959 e 1961, com viadutos de betão armado e pré-esforçado de acesso à ponte móvel metálica para transposição do canal de ligação entre as docas 1 e 2 do porto de Leixões, com cerca de 57 m de largura, numa extensão total de cerca de 420 m entre os encontros nas margens Norte e Sul. O projecto da obra previa unicamente o trânsito pedonal e de viaturas ligeiras.

Substituindo a antiga ponte basculante, em 30 de Julho de 2007 entrou em serviço a nova Ponte de Leixões com 86,5 m de vão e cerca de 1 300 toneladas de aço, sendo a quarta maior do mundo. Esta ponte basculante passa sobre um canal com 77.5 m, que permite aos navios da classe Panamax aceder ao porto interior. Dois sólidos pórticos de 42 metros de altura, pintados de azul elevam-se para o céu, competindo com os guindastes vizinhos. O tabuleiro da ponte é suportado por tirantes dobráveis quando a ponte está aberta para a circulação rodoviária. O âmbito do projecto considerou ainda as novas fundações, a reabilitação e alargamento dos viadutos de acesso, a cobertura dos acessos pedonais e a construção de núcleos de acesso vertical com elevadores em cada margem. A ponte móvel de Leixões ganhou o Prémio Europeu Steel Design 2009 promovido pela Convenção Europeia para a Construção em Aço (ECCS).



Fig. 1 - Vista Geral da Nova Ponte Móvel de Leixões

As obras principais realizadas nesta empreitada levada a cabo pelo Porto de Leixões foram as seguintes:

- Alargamento e aprofundamento do canal de navegação para 77,5 m e -12,5 m(ZHL);
- Demolição de estruturas existentes, incluindo a ponte móvel antiga, respectivos maciços de apoio, alguns tramos dos viadutos de acesso e o caixotão do lado Sul;
- Alargamento do tabuleiro de forma a acomodar uma faixa de circulação pedonal com largura útil de 2,30 m, um passeio técnico com largura de 0,60 m e duas faixas de rodagem com 3,3 m de largura, cada, permitindo a circulação de transporte público de minibus;

- Obras de reabilitação e reforço estrutural dos viadutos de acesso à ponte;
- Estruturas de fundação da nova ponte.
A fundação na margem Norte é constituída pelo caixotão existente complementado com 12 estacas de betão armado Ø1220 mm de camisa metálica perdida. A fundação na margem Sul é constituída por uma estrutura fechada feita com barretas de parede moldada e complementada por duas estacas idênticas às anteriores. O caixotão existente foi demolido para permitir o alargamento do canal, tendo unicamente ficado a parede de trás que foi solidarizada às novas estruturas.
- Duques d’Alba de protecção
Cada duque d’alba é composto por três estacas metálicas Ø1320 mm, com chapa de espessura variável (35 a 50 mm), ligadas no topo por um maciço de betão armado. As estacas são encastradas na rocha porém, enquanto que no lado Sul o topo da camada rochosa se encontra a pequena profundidade (-14,00 mZHL), no lado Norte está muito profundo (-26,0 mZHL). Por este motivo, foi necessário efectuar melhoramento de solos por forma a se obter módulo de reacção lateral que garanta deformabilidade aceitável da estrutura para as acções horizontais. A dissipação da energia cinética do impacto accidental de um navio é feita através da deformação elástica das estacas.
- Nova ponte móvel em estrutura metálica
Cada conjunto da estrutura da nova Ponte Móvel é constituído por uma parte fixa e por um tramo basculante. A parte fixa tem por função garantir um apoio suficientemente rígido para suporte das articulações do tramo móvel e a fixação dos tirantes. Esta parte da estrutura é constituída por um pórtico formado por pernas triangulares com travessas de grande rigidez para o apoio das articulações do tramo móvel. Todas as secções do pórtico são constituídas por chapas de aço formando caixão. Os tirantes são amarrados nos vértices superiores dos triângulos formados pelas pernas do pórtico. O tramo móvel é constituído por uma viga em caixão, de secção variável em altura, com 4,4 m, na zona do contrapeso, e 2,3 m, a meio vão da ponte, e tem o comprimento total de 55,8 m. O vão total móvel da ponte é de 111,6 m, um dos maiores do mundo.

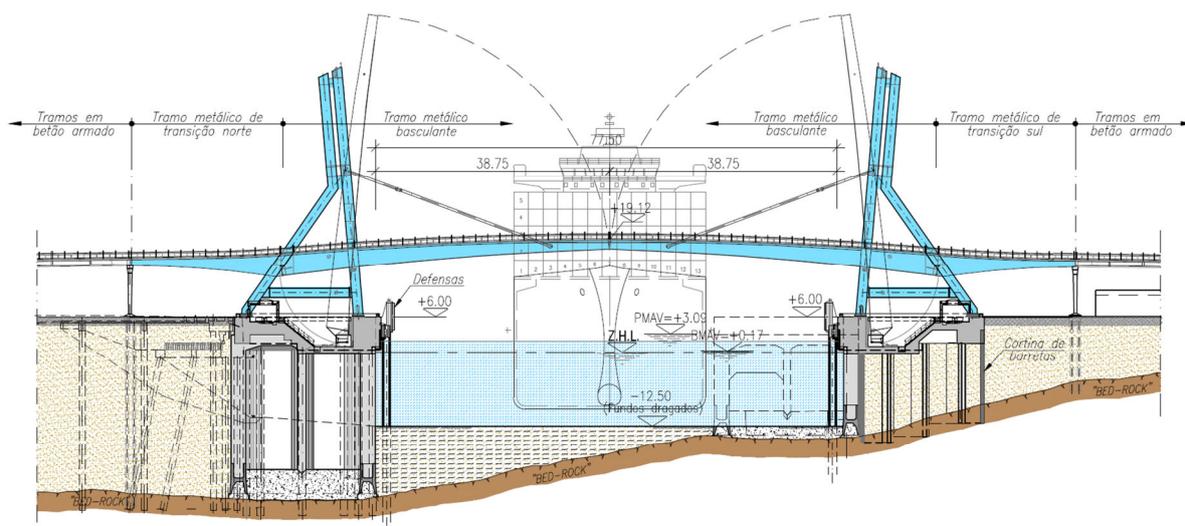


Fig. 2 - Fundações e geometria da Nova Ponte Móvel

ARTIGO REF: 8007

MUROS CAIS DAS DOCAS INTERIORES DO PORTO DE LEIXÕES

José Pernão^(*), José Cerejeira

PROMAN Centro de Estudos e Projetos S.A. - Lisboa, Portugal

^(*)*Email: jose.pernao@proman.pt*

RESUMO

As docas interiores do Porto de Leixões situam-se na foz do rio Leça, onde os depósitos sedimentares recentes (Holocénico), que chegam a atingir mais de 25 m de possança, são formados por siltes argilo-arenosos muito brandos, com intercalações arenosas, assentes no substrato rochoso constituído pelo “granito do Porto” (Aguiar A. e Matos Fernandes, M. 1995).

As condições geotécnicas locais são, por conseguinte, muito complexas com os solos moles de tais depósitos exibindo elevada compressibilidade, baixa resistência ao corte e comportamento diferido no tempo.

O muro cais norte da Doca n.º 2 (também designado por “cais de 300 m”) e os muros cais nascente e sul (troço com 110 m de comprimento) da Doca n.º 4, construídos no âmbito de empreitadas na modalidade de “concepção-construção”, apresentaram deficientes comportamentos, pouco tempo depois da entrada em serviço, no caso do primeiro, e durante a construção, no caso dos segundos

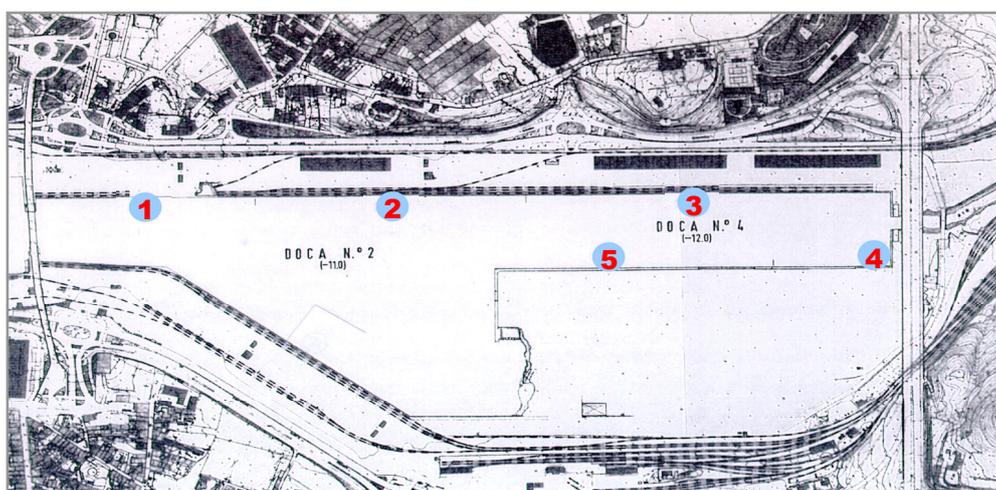


Fig. 1 - Localização dos Cais (1 e 2-Cais Norte da Doca n.º 2, 3 e 5-Cais Norte e Sul da Doca n.º 4, 4-Cais Nascente da Doca n.º 4)

As principais anomalias observadas foram:

- Deslocamentos horizontais do maciço de coroamento do cais;
- Fendilhação das estruturas do cais;
- Assentamentos do terrapleno da retroárea do cais, com valores muito elevados.

O estudo e diagnóstico efectuado apontou para as seguintes causas:

- Deficiências no dimensionamento das secções dos principais elementos estruturais

- Ocorrência de pressões horizontais transmitidas aos fustes das estacas do tardo pelos siltes argilo-arenosos não consolidados, as quais não estavam preparadas para esse tipo de acção;
- Consolidação incompleta dos materiais de aterro da retro área do cais.

A escolha das soluções estruturais adoptadas em projecto pela PROMAN, partiu de alguns requisitos de base relativos à operação do cais e à segurança estrutural desejada, tais como:

- Inviabilidade da recuperação de parte das estruturas existentes, motivada pelo elevado grau de fendilhação que apresentavam;
- Necessidade de manter o alinhamento da frente marítima do cais;
- Necessidade de melhorar as condições da estabilidade dos taludes ao deslizamento;
- Assegurar a resistência da cortina de estacas-prancha e das estruturas existentes;
- Proceder à aceleração da consolidação na retro área do cais Sul.

Depois de efectuado o diagnóstico das causas que determinaram as anomalias observadas e realizadas investigações complementares para caracterização das condições geotécnicas locais, foram projectadas as obras de reabilitação.

Assim, a solução estrutural escolhida para o Cais Norte consistiu, de um modo geral, na construção de um novo cais com novas fundações, deixando “abandonado” ou reabilitando as estruturas possíveis dos antigos cais danificados. As novas estruturas são essencialmente um tabuleiro vigado com pré-lajes assentes em vigas transversais afastadas de 3,75m, constituindo pórticos, sendo essas fundadas em 3 estacas verticais com 1,0m de diâmetro. Longitudinalmente, existem 4 vigas, três ao longo das três fiadas longitudinais das estacas e uma no tardo do tabuleiro. A viga situada sobre a fiada das estacas mais próxima da frente do cais fica solidarizada ao maciço de coroamento do cais existente após a recuperação do mesmo. Para o Cais Sul da Doca 4, a solução manteve a estrutura original do cais aumentando a plataforma estrutural à superfície e ancorando a estrutura geral.

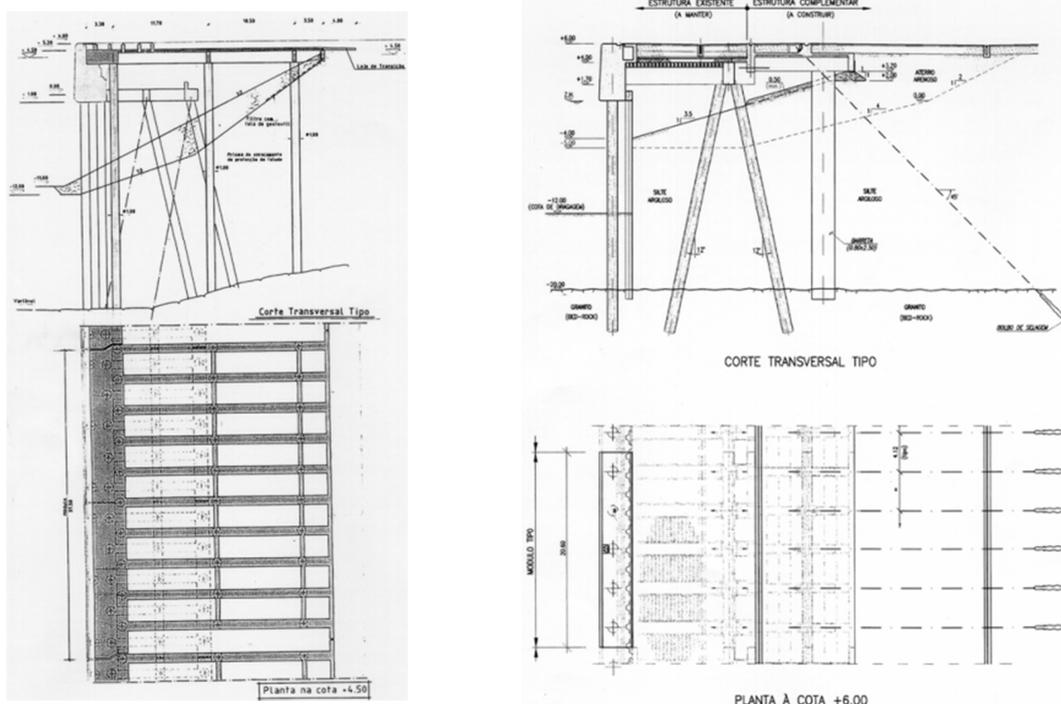


Fig. 2 - Obras de Reabilitação Tipo (Cais Norte da Doca 2 e Cais Sul da Doca 4)

ARTIGO REF: 8008

REOPERACIONALIZAÇÃO DA BACIA SUL DA MARINA PARQUE DAS NAÇÕES, LISBOA

José Pernão^{1(*)}, Rui Tomásio², Vilar Filipe³

¹Engº Civil na PROMAN, SA, Lisboa, Portugal

²Engº Civil na Jet SJ, Lisboa, Portugal

³Administrador da Marina Parque das Nações, Lisboa, Portugal

(*)*Email*: jose.pernao@proman.pt

RESUMO

A marina do Parque das Nações foi construída no contexto da Expo 98, enformada por um tema específico, “Os Oceanos, Um Património para o Futuro”. Porém, a sua localização num trecho da margem do rio Tejo conhecido pela elevada taxa de envasamento com lodos fazia antever que esse equipamento viria a ter problemas no futuro próximo. Efectivamente, apenas passados um ano parte da bacia junto ao edifício Nau já se encontrava interdita. Em Novembro de 1999, o quebra-mar flutuante instalado na bacia sul encontrava-se muito danificado e foi substituído por um quebra-mar de enrocamento, o molhe sul.

Em Dezembro de 2000 um temporal destruiu o quebra-mar flutuante da bacia norte, provocando estragos nas embarcações e no equipamento flutuante, obrigando à reformulação geral do projecto original. Assim, foi também construído um quebra-mar de enrocamento para protecção da bacia norte.

Contudo os problemas de envasamento e respectiva perda de operacionalidade não foram resolvidos com a construção de molhes fixos de enrocamento.

Assim, uma vez que não é possível alterar a “vontade” do rio e da natureza, tornou-se mais uma vez necessário reformular o projecto de forma a que o investimento e as expectativas dos utilizadores e proprietários de lugares na marina não fossem perdidas mas que pudessem ser compatibilizadas com as condições locais.

A recuperação da marina envolveu a instalação de um sistema semi-aberto de actuação, que consistiu em criar um complexo de comportas na entrada da Bacia Sul, que se encontrarão abertas segundo horários praticamente fixos e previamente estabelecidos (na maior parte do ano, entre as 9:00 h e aproximadamente as 21:00 h).



Fig. 1 - Bacia Sul da Marina antes e após a intervenção

Neste cenário foi desenvolvido um novo projecto geral que alterou o conceito de marina aberta para um conceito totalmente inovador.

A materialização deste esquema de actuação compreendeu a realização de um conjunto de intervenções, algumas correspondendo à criação de novas estruturas (casos do dique de fechamento, das comportas e da estrutura de fechamento da ponte-cais), outras de impermeabilização de estruturas existentes (caso do molhes actuais) e, finalmente, outras de equipamento flutuante, a seguir listadas, além de dragagens:

- estrutura do dique de fechamento;
- estrutura das comportas e seu equipamento mecânico;
- estrutura de fechamento da ponte-cais;
- adaptação e impermeabilização do Molhe Sul;
- impermeabilização do Molhe Norte;
- alargamento do Contra-Molhe;
- dragagens no Anteporto e na Bacia Sul;
- fornecimento e montagem de equipamento flutuante;
- instalações eléctricas de apoio.

Com a implementação deste sistema a taxa de envasamento passou a ser muito controlada e os custos com dragagens de manutenção bastante mais reduzidos.

As obras projectadas, embora não sendo complexas do ponto de vista da execução requereram a maior atenção na sua concepção e no acompanhamento durante a construção uma vez que envolveram inúmeras dificuldades e imponderáveis de âmbito geotécnico. O cenário geotécnico era bastante adverso para a implementação de obras simples, eficazes, robustas, económicas e de rápida construção, o que constituiu um enorme desafio à equipa de projectistas e ao empreiteiro.

No geral as sondagens revelaram terrenos aluvionares lodosos (solos orgânicos) de consistência muito mole, caracterizados preferencialmente por valores nulos no ensaio SPT, os quais incorporam por vezes fragmentos coníferos e fracção areia fina/silte marginal. Estes foram perscrutados até profundidades variando entre 5,0 a 11,5m.

No seu geral todas as obras são do tipo gravítico constituídas por diques de núcleo em TOT revestidos de enrocamento ou, no caso especial do dique de fechamento contendo o sistema de comportas, por caixotões de betão armado fundados sobre prisma de enrocamento.

No projecto inicial do empreendimento, estas obras foram concebidas apenas com o fim de protegerem o plano de água interior do efeito da agitação que eventualmente poderia ocorrer no exterior, porém, na presente obra, de acordo com a concepção geral do sistema de reoperacionalização da marina, estas estruturas tiveram de ser adaptadas e reabilitadas para desempenharem, com segurança e estabilidade adequadas, a função de diques de gravidade para desníveis hidrostáticos de até 4m, os quais poderão ocorrer sobre a face interior ou a face exterior das estruturas.

O funcionamento do sistema assenta totalmente na obtenção de um elevado grau de impermeabilização da base de fundação do dique de fechamento e das faces dos diques periféricos da marina. Na maioria da extensão da obra tal foi conseguido utilizando um sistema “barreira” muito simples e barato mas que se revelou extremamente eficaz em face dos abundantes sedimentos siltosos presentes no local e da sua concentração diferenciada na coluna de água do rio Tejo. Na restante extensão do perímetro exterior da marina onde tal não foi possível utilizou-se a tecnologia do Jet-grout com recurso a colunas secantes, simples ou armadas.

ARTIGO REF: 8009

CONCEPÇÃO E PROJECTO DE DOCAS SECAS PARA NAVIOS DE GRANDE DIMENSÃO

José Cerejeira^(*), José Pernão

PROMAN Centro de Estudos e Projetos S.A. - Lisboa, Portugal

^(*)*Email:* jose.cerejeira@proman.pt

RESUMO

Num estaleiro de construção ou de reparação naval as obras marítimas têm uma enorme preponderância, podendo atingir 65% do custo total do empreendimento, o que justifica a necessidade de sólida experiência na concepção dessas obras para se conseguir a sua melhor adaptação às condições físicas naturais, geralmente muito adversas. Nele se encontram, praticamente, todos os tipos de obras marítimas (docas secas, muros cais, pontes-cais, duques d'Alba, obras de protecção e abrigo, dragagens e aterros) e, normalmente, requerem complexas obras geotécnicas (tratamento e consolidação de solos, ensecadeiras e rebaixamentos do nível freático).

O custo da doca seca do estaleiro pode representar cerca de 35% do valor global do investimento e, em alguns casos onde as condições locais sejam muito desfavoráveis, pode mesmo ultrapassar em muito essa percentagem.

Assim, o lançamento de um empreendimento desta natureza constitui sempre forte desafio à criatividade do projectista na procura de soluções estruturais e construtivas que, satisfazendo exigentes requisitos operacionais, ambientais e de segurança, objectivem a optimização do custo e do prazo da construção.

Esta situação surgiu em Portugal quando a Lisnave, Estaleiros Navais de Lisboa, por força do encerramento do estaleiro da Margueira, em Almada, concentrou no início do ano 2001 a sua actividade no estaleiro da Mitrena, no estuário do rio Sado, em Setúbal. Os estudos do mercado mundial da reparação naval revelaram que a desactivação daquele grande estaleiro impunha a construção na Mitrena de mais duas ou três docas secas para navios tipo Panamax. Atendendo a todas as exigências operacionais, ambientais e de segurança e, por outro lado, às condições geotécnicas locais, neste caso foi concebido um sistema não convencional para a docagem de navios de grande dimensão, designado por Hydrolift.

Mais recentemente, em resultado da enorme expansão da prospecção petrolífera offshore, alguns grandes estaleiros navais estão a ser projectados e construídos de raiz no Brasil. Esses estaleiros requerem docas secas de grande dimensão para a construção de navios e de unidades de prospecção offshore. A engenharia portuguesa teve a oportunidade de participar em algumas fases do projecto de alguns desses estaleiros, nomeadamente dos dois novos estaleiros que iniciaram a construção naval em 2010, o Estaleiro Atlântico Sul, no Suape, Pernambuco, e o Estaleiro Rio Grande, no Rio Grande do Sul.

A elaboração do projecto conceptual de um estaleiro naval e, particularmente, das suas principais infra-estruturas, as docas secas, constitui a fase mais importante dos estudos, e requer a intervenção de experiente equipa pluridisciplinar de engenharia. Enfatiza-se especialmente a importância do conhecimento das condições hidro-geológicas na concepção de docas secas para navios de grande dimensão. Na prática, uma vez escolhido o local, fica estabelecida a ordem de grandeza do valor do investimento a realizar.

De entre as condições físicas naturais são de destacar, principalmente, as seguintes:

- as condições de acesso terrestre e marítimo;
- as condições hidrográficas e de protecção marítima;
- as condições geológicas e geotécnicas.

No presente artigo é dado especial enfoque à importância do conhecimento das condições geológicas e geotécnicas locais.

Com efeito, a natureza, a capacidade de carga e a permeabilidade das formações geológicas pode condicionar muito a concepção estrutural das principais infra-estruturas do estaleiro naval e os tipos de construção respectivos.

O valor dos trabalhos de investigação do local não representa, normalmente, mais do que 0,5% a 1% do custo das obras, o que não tem significado quando comparado com as vantagens técnicas e económicas que advêm de uma concepção bem ajustada às condições locais. Efectivamente, uma boa caracterização das formações geológicas que envolvem a doca seca, nomeadamente a respeito da situação, natureza, capacidade de carga e permeabilidade dessas formações, é requisito fundamental para o estudo da sua concepção. Se apresentam permeabilidade suficientemente baixa pode ser adoptada uma solução de “fundo drenado”, na qual se efectua a dissipação da subpressão hidrostática por meio de adequado sistema de drenagem. A solução do tipo doca de “fundo drenado”, apoiada directamente no terreno, é consideravelmente mais económica quando comparada com as outras soluções, de “gravidade” ou de “fundo ancorado”.

Serão explicados e comparados alguns exemplos de docas secas estudados pela PROMAN.

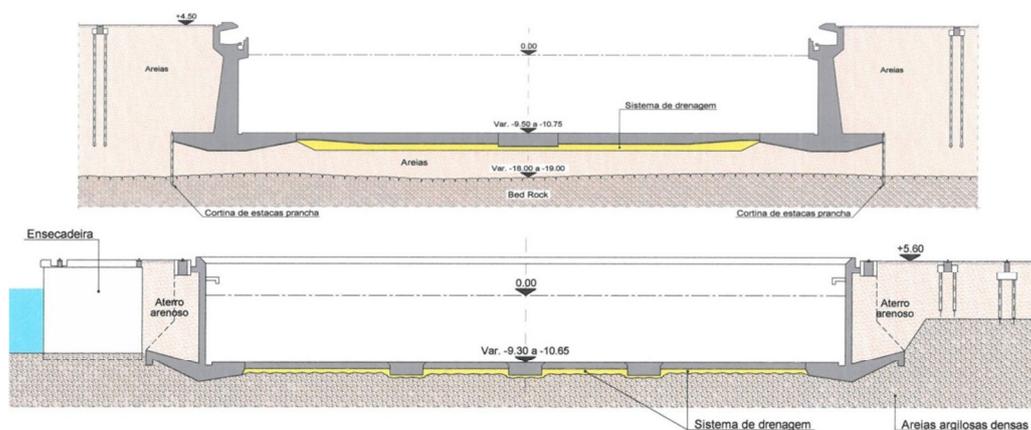


Fig. 1 - Docas com laje de fundo drenado

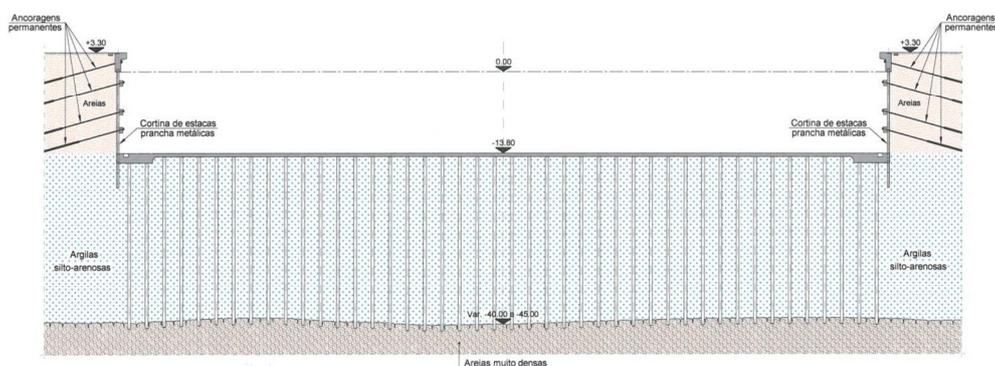


Fig. 2 - Doca com laje de fundo ancorado

ARTIGO REF: 8010

NOVO PORTO E TERMINAL DE CONTENTORES DE TEMA - GANA

José Cerejeira^(*), José Pernão, João Martins

PROMAN Centro de Estudos e Projetos S.A. - Lisboa, Portugal

^(*)Email: jose.cerejeira@proman.pt

RESUMO

Tema é o porto principal do Gana, assegurando aproximadamente 70% do transporte marítimo do frete do país. A MPS, Meridian Port Services Limited, é uma associação entre a Meridian Port Holdings Ltd e a Autoridade de Portos e Portos de Gana e que detém a concessão para operar o terminal.

O projeto consiste na construção de um quebra-mar, um muro de cais de 1.400 m de comprimento e cerca de 120ha de plataforma de contentores ganha ao mar. Faz ainda parte do projeto a dragagem do porto a uma profundidade tal que permita a operação de navios de até 16 m de calado.

Para a construção das plataformas de contentores em aterro propôs-se a utilização dos materiais provenientes da dragagem que seriam selecionados e melhorados de forma a garantir as condições de resistência e deformação mínimas tomadas como aceitáveis. Foi ainda feita a avaliação do potencial de liquefação utilizando o método da relação de tensões cíclicas, tal como apresentado na secção T4.4 PIANC, utilizando o método proposto por Youd, T.L. E driss, I.M. (2001), Liquefaction Resistance of Soils.

Em termos de processo construtivo, propôs-se a criação de uma plataforma de nível +3.0mCD construída por mar, através do lançamento direto do material dragado, avançando em direção ao mar. Uma vez que o aterro pode atingir 15m no seu ponto mais alto, e considerando que este estará submetido a cargas muito elevadas devido ao peso próprio dos materiais de enchimento, das cargas dos contentores e do equipamento em movimento na plataforma, tornou-se vital proceder ao tratamento de toda a área, tendo em vista uma melhoria da sua resistência e reduzir os assentamentos de longo prazo. O processo de melhoramento que se afigurou mais vantajoso consistiu na vibrocompactação dos solos por vibroflutuação de toda a área com uma malha geral de 2.80x2.80m. Para permitir a adoção deste processo de melhoramento, a material para formação do aterro, resultante da dragagem, só poderia ser classificado como adequado caso o conteúdo fino seja inferior a 11%.

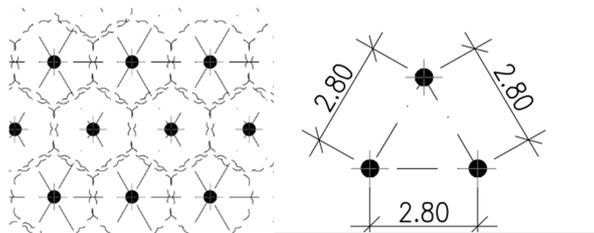


Fig. 1 - Malha de vibroflutuação adotada

Os trabalhos de melhoramento de solos serão precedidos pela realização de uma série de testes piloto de forma a afinar a malha de vibroflutuação e garantir os pressupostos de projeto. Serão ainda realizados ensaios CPTU de controlo após os trabalhos de melhoramento de solos para confirmar os critérios de receção e eventualmente definir medidas de reforço adicionais.

Para as estruturas acostáveis, uma vez que as condições geotécnicas existentes indiciam claramente a existência de uma camada geológica com uma adequada capacidade de fundação, "bed-rock", num nível muito superficial, e considerando as grandes cargas verticais e horizontais às quais as estruturas serão submetidas, optou-se por uma solução de cais constituída por uma cortina de estacas de aço ancorada, fundada na camada de gneisse moderadamente alterado. Esta solução afigurou-se vantajosa comparativamente a uma solução de fundação direta dada a existência de um estrato rochoso com características adequadas a reduzida profundidade, permitindo que a solução de estacas de aço seja facilmente e rapidamente implementada.

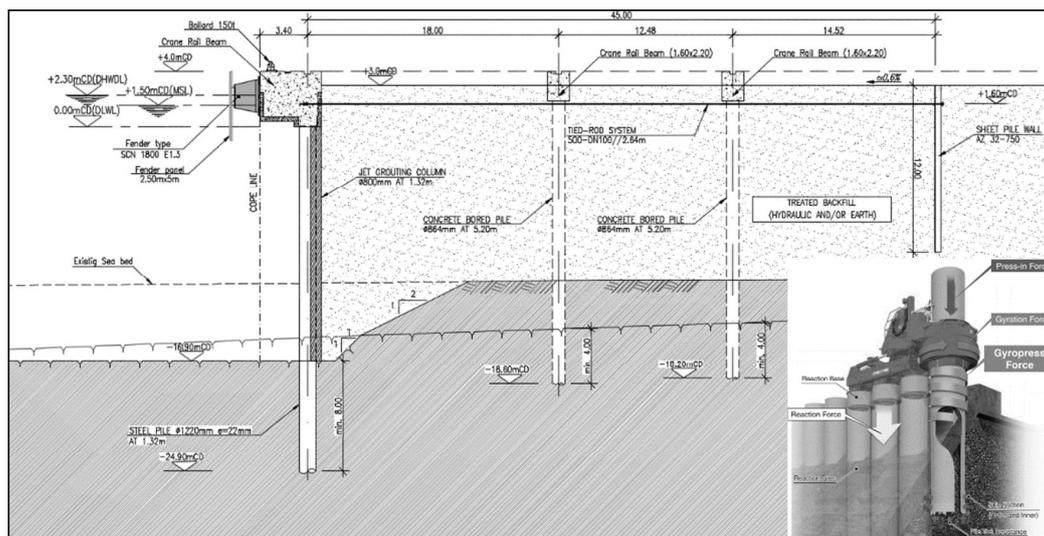


Fig. 2 - Corte Tipo da Estrutura do Cais

A cortina frontal frontal é materializada através de estacas tubulares de aço executadas com recurso à tecnologia Gyropress desenvolvida pela GIKEN. Esta tecnologia avançada trabalha com rotação e percussão para alcançar estratos mais profundos e mais resistentes. Este processo recomenda no entanto uma distância mínima de 10cm entre as superfícies das estacas adjacentes, para evitar interceções devido a eventuais desalinhamentos verticais. Foi então adotada uma solução de retenção através da inclusão de um tubo de aço de pequeno diâmetro entre as estacas e injetado com calda de cimento a alta pressão de forma a formar uma coluna que garante a selagem do espaço.

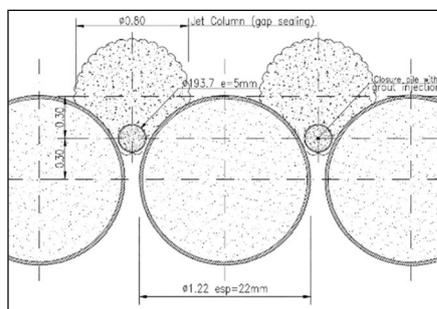


Fig. 3 - Selagem entre estacas

A parede frontal é ancorada a uma cortina de reação em estacas prancha garantindo que as forças horizontais são transferidas para uma massa estável do solo no terrapleno. Na parte superior da parede foi instalada uma viga de coroamento que permite a instalação do caminho de rolamento da grua de cais e restantes equipamentos, bem como a ligação de todas as estacas e a ancoragem dos tirantes que unem as cortinas frontal e de reação no tardoz.

PROCEEDINGS CLME2017 / V CEM

**8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia
V Congresso de Engenharia de Moçambique
Maputo (Moçambique), 4-8 Setembro 2017**

SIMPÓSIO-10

Engenharia e Operação de Infraestruturas de Transporte

Coordenadores

Luís de Picado Santos^{1(*)} e Paulo Pereira^{2(*)}

¹IST/Universidade de Lisboa, Portugal

²Universidade do Minho, Portugal

^(*)Editores Associados para os artigos deste Simpósio

ARTIGO REF: 6451

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NOS PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

Adelino Ferreira^(*), Francisco Duarte

Universidade de Coimbra, Departamento de Engenharia Civil (CITTA) - Coimbra, Portugal

^(*)*Email:* adelino@dec.uc.pt

RESUMO

De acordo com a Agência Internacional de Energia [IEA, 2015], em 2014, a nível mundial, mais de 80% da produção de energia foi realizada a partir de combustíveis fósseis. Este facto leva à necessidade urgente de mudar o paradigma na geração de energia elétrica, não só devido à inconstância do custo dos combustíveis fósseis, que afeta as economias mundiais, mas sobretudo devido aos seus efeitos nefastos sobre o meio ambiente.

Deste modo, são necessárias novas formas e técnicas de produção de energia elétrica, bem como a adoção em massa de técnicas de eficiência energética, implementando um conceito de redes inteligentes. Serão essas redes inteligentes que permitirão que a injeção de energia produzida por novas fontes na rede elétrica, tais como a energia produzida a partir de novas fontes de captação de energia, como a circulação de veículos em pavimentos rodoviários [Ferreira, 2012].

Consequentemente, para reduzir os custos de transporte e a distribuição da energia elétrica, é necessário aproveitar toda a energia que possa ser produzida no interior das cidades, perto dos pontos de consumo. É aqui que os pavimentos têm um papel importante a desempenhar. Nas cidades, os veículos deslocam-se sob pavimentos rodoviários, e cada vez que estes se movem, libertam energia mecânica para o pavimento. Esta energia não é normalmente captada nem usada para nada, mas esta pode ser convertida em energia elétrica. Existe um vasto número de locais no interior de cidades que podem ser utilizados para instalar sistemas capazes de captar a energia mecânica dos veículos e converter a mesma noutros tipos de energia, como a energia elétrica.

Já existem algumas soluções existentes para transformar a energia libertada pelo movimento de veículos para o pavimento em energia elétrica [Duarte & Ferreira, 2016], porém estas apresentam limitações técnicas, como uma baixa eficiência de conversão e ainda uma baixa viabilidade económica. Da análise feita, verificou-se que vários sistemas já foram testados em laboratório com sucesso, mas nenhum obteve sucesso nos ensaios realizados em ambiente real.

O projeto PAVENERGY visa o desenvolvimento de uma nova solução para converter a energia mecânica libertada pelo movimento de veículos para o pavimento rodoviário em energia elétrica, com elevada eficiência de conversão e com a capacidade de acumulação da energia captada e gerada, de modo a utilizá-la não só quando esta está disponível, mas também quando é mais necessária.

De modo a quantificar com uma elevada precisão a energia disponível, neste caso, a energia entregue pelas rodas dos veículos para os equipamentos aplicados no pavimento, foi desenvolvido um estudo aprofundado da interação veículo-pavimento, tendo sido

desenvolvido um *software* que quantifica a força induzida pela área de contacto do pneu com o pavimento em função de todas as características do veículo, do seu movimento e do próprio pavimento ou equipamento de captação de energia. Este *software* foi denominado RoadVISS [Duarte *et al.*, 2016], sendo o menu principal apresentado na Figura 1.

Com base na quantificação da energia captada pelo equipamento, foi também modelado computacionalmente o sistema de conversão de energia mecânica em energia elétrica e feito um estudo de otimização das suas características por forma a maximizar a eficiência de conversão do mesmo. Esta é superior a 75%, muito acima de todos os equipamentos existentes e descritos na literatura [Duarte & Ferreira, 2016].

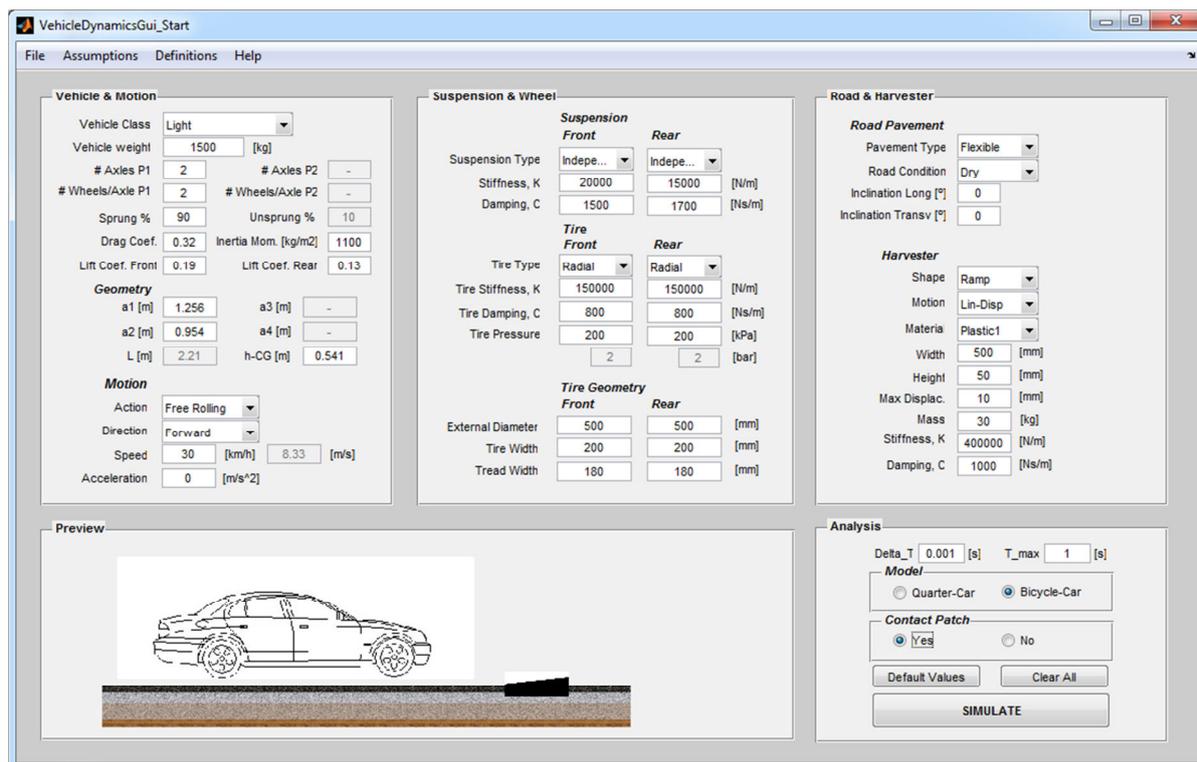


Fig. 1 - Menu principal do software RoadVISS para estudo da interação veículo-pavimento.

REFERÊNCIAS

- [1]-Duarte, F. & Ferreira, A. Energy harvesting on road pavements: state of the art. Proceedings of Institution of Civil Engineers - Energy, 169:2 (2016) 79-90.
- [2]-Duarte, F., Ferreira, A. and Fael, P. Software for simulation of vehicle-road interaction. In: New Advances in Information Systems and Technologies, Vol. 444 of the Series Advances in Intelligent Systems and Computing. Switzerland: Springer International Publishing (2016) 681-690.
- [3]-Ferreira, A. Briefing: Recent developments in pavement energy harvest systems. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Municipal Engineer, 165:4 (2012) 189-192.
- [4]-IEA. Special Report on Energy and Climate Change, International Energy Agency, Paris, France (2015).

ARTIGO REF: 6501

METODOLOGIA SIMPLIFICADA PARA O ESTABELECIMENTO DA QUALIDADE DE PAVIMENTOS

Sarah Fortes^{1(*)}, Luís Picado-Santos¹, Silvino Capitão^{2,3}

¹Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura e Georrecursos, Lisboa, Portugal.

²Instituto Politécnico de Coimbra, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Departamento de Engenharia Civil, Coimbra, Portugal

³CERis- CESUR (Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal)

(*)*Email*: sarah.fortes@ist.utl.pt

RESUMO

O crescimento das infraestruturas de transporte traz exigências acrescidas às administrações que fazem a sua gestão, nomeadamente no capítulo da sua manutenção. Com frequência, esta atividade não tem merecido a devida atenção, devido à escassez de recursos para operacionalizar um sistema de gestão da conservação dessas infraestruturas. Este facto tem contribuído para perdas económicas que decorrem do processo de degradação das infraestruturas e dos custos de sua reparação.

Entende-se ser fundamental a existência de procedimentos de avaliação e monitorização da condição do pavimento, como parte integrante dum processo para a gestão da conservação de infraestruturas de transportes de uma entidade rodoviária, por forma a permitir uma maior racionalidade nas decisões de intervenção no pavimento. Como resultado de avaliações periódicas do pavimento é possível otimizar os recursos necessários à intervenção na rede, mantendo níveis de condição do pavimento aceitáveis com custos controlados.

É o objetivo deste estudo a estruturação de uma metodologia simplificada e de baixo custo para a determinação da condição de pavimentos flexíveis, na qual, o levantamento de degradações e o processamento dos dados da inspeção visual para a determinação do PCI (*pavement condition index*, índice global de qualificação do estado dum pavimento) sejam rápidos e precisos.

Esta metodologia simplificada resultou de um processo iterativo, onde em cada cenário foram propostas simplificações à abordagem da norma ASTM D 6433-07 através da sua aplicação na avaliação da condição dos pavimentos de três troços de estradas (EN105, EN117 e EN309), e sua comparação com os resultados da utilização total da norma indicada.

Apesar do PCI_{Simplificado} ser calculado com base na formulação da norma ASTM D 6433-07 existem diferenças na quantificação das degradações na metodologia simplificada proposta neste trabalho. Pretende-se, evidentemente, não colocar em causa a objetividade e a coerência dos princípios da norma ASTM D 6433-07, esperando ter ganhos de eficiência operacional para a formulação de um processo simplificado de avaliação do estado de degradação de um pavimento.

Na Abordagem Simplificada_1 e na Abordagem Simplificada_2, a totalidade das degradações que constam do catálogo da norma foram agrupadas sendo que em cada grupo foi determinada uma degradação dominante cuja curva de “valor deduzido” de alta gravidade da

ASTM D 6433-07 foi aplicada para quantificar as degradações do grupo que contribuíram para o cálculo do PCI.

A determinação da degradação dominante foi avaliada através de uma análise quantitativa dos valores deduzidos para cada degradação dentro do grupo.

Esta metodologia provou-se pouco fiável quando comparada com os resultados da aplicação da norma ASTM D 6433-07, uma vez que a diferença dos resultados do PCI obtidos pela aplicação das simplificações e pela aplicação da norma apresentavam coeficientes de variação sempre muito superiores a 30%.

No modelo adotado como resultado final deste estudo, Abordagem Simplificada_3, são identificadas no pavimento cinco tipos de degradações, Fendas longitudinais/transversais, Fendilhamento pele de crocodilo, Rodeiras, Reparação e Peladas que podem ser usadas para calcular simplificadaamente o PCI. A proximidade dos resultados obtidos pela aplicação desta simplificação e da norma ASTM D 6433-07 foi significativa. Apesar de em algumas situações, como é o caso das vias E - Troço 1, D_VD - Troço 3 e D_VC - Troço 3, apresentarem coeficientes de variação dos resultados do PCI mais elevados, respetivamente, 23.6%, 15.4% e 17.9%, estes enquadram-se no mesmo escalão de classificação do PCI da ASTM D 6433-07, de forma que a diferença de valores do PCI não constituem um risco para a decisão ser tomada com base na Abordagem Simplificada_3 para avaliação da condição do pavimento. Para o caso em que o coeficiente de variação obtido foi de 10.9%, a aplicação da simplificação da norma induz resultados mais conservadores, o que também sustenta a aplicabilidade da Abordagem simplificada_3.

Em consequência dos resultados obtidos na aplicação das simplificações adotadas no terceiro cenário, onde se verifica a coerência e precisão com os resultados da aplicação completa da norma, conclui-se que este procedimento simplificado pode responder aos objetivos de contenção de custos e de eficiência operacional, sem comprometer a qualidade e o rigor da informação que uma administração rodoviária requer para uma boa gestão das estradas sob a sua gerência.

Evidentemente que a metodologia desenvolvida poderá exigir ajustamentos em outros cenários onde existam outras degradações que não estão contempladas na simplificação 3 e que podem ser significativas. De qualquer modo a validação efetuada com a informação fornecida pela IP (Infraestruturas de Portugal) cobriu o tipo de degradação de pavimento que se pode esperar no país.

Pode admitir-se com segurança que a metodologia simplificada pode responder aos objetivos de contenção de custos e de eficiência operacional sem comprometer a qualidade e o rigor das inferências que uma administração rodoviária de parques recursos a operar em Portugal requererá para uma boa gestão da sua rede rodoviária, nomeadamente permitindo uma boa aplicação dos recursos na conservação atempada desta rede.

ARTIGO REF: 6566

ANÁLISE DE RESULTADOS DE CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIVEIS

João dos Santos Correia^(*), Luís de Picado Santos

CESUR-CERis, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa,
Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal

^(*)*Email*: joao.correia@ist.utl.pt

RESUMO

Um pavimento rodoviário é solicitado por diversas acções, tais como o tráfego e as condições climatéricas que contribuem para a redução das suas propriedades funcionais e mecânicas ao longo do tempo. Desta forma, a avaliação estrutural dos pavimentos é essencial para garantir a comodidade e segurança dos utilizadores das redes rodoviárias, permitindo inferir da necessidade de reabilitar o pavimento.

A avaliação estrutural não destrutiva das estruturas do pavimento, que permite determinar as propriedades mecânicas “in situ” das camadas do pavimento, é geralmente realizada através de ensaios mecânicos, cujos resultados precisam de ser interpretados de forma a se poder caracterizar a resistência da estrutura em estudo.

O ensaio geralmente mais utilizado para este fim é conduzido pelo deflectómetro de impacto (FWD - falling weight deflectometer) que mede as deflexões no pavimento em função de uma carga dinâmica aplicada ao mesmo.

A aplicação de retro-análise aos ensaios obtidos pelo deflectómetro de impacto permite obter os módulos de deformabilidade das várias camadas constituintes do pavimento. Pode então definir-se retro-análise como a determinação de quais as características mecânicas de cada camada numa estrutura de pavimento, nomeadamente o seu módulo de deformabilidade já que o coeficiente de Poisson tem um valor adotado fixo que influencia pouco a resposta.

A retro-análise pode ser conduzida através dum programa de cálculo de tensão-deformação de forma iterativa. Embora seja a forma mais dominável diretamente para garantir que a sucessão de características mecânicas das camadas tenha uma lógica física compatível com o comportamento previsível da estrutura, quando se tem de fazer várias retro-análises para caracterizar diferentes secções de estrada, torna-se um processo moroso.

Desta forma, vários programas de retro-análise foram desenvolvidos ao longo dos anos, aplicando diferentes algoritmos para ajustar deflexões calculadas às medidas pelos ensaios do deflectómetro de impacto (FWD - falling weight deflectometer), de forma a estimar as propriedades mecânicas “in situ” das camadas do pavimento.

No entanto, para se poder utilizar estes programas, é necessário garantir que a solução é compatível com o comportamento físico esperado para a estrutura e que esta é seleccionada segundo critérios eficientes, pois a utilização destes programas sem uma análise cuidada, tendo em conta todas as características e limitações dos mesmos, pode gerar resultados dúbios ou até mesmo completamente dissonantes com o que se sabe ser possível para o comportamento físico dos materiais das várias camadas.

Este trabalho tem assim o objectivo de comparar as soluções obtidas por dois dos programas de retro-análise mais utilizados internacionalmente, o ELMOD e o Modulus, com as soluções obtidas por uma abordagem mais tradicionalmente utilizada em Portugal e identificar quais os parâmetros mais importantes a ter em conta por parte do utilizador durante a aplicação dos mesmos, verificando se estes se apresentam como uma alternativa aplicável num contexto profissional.

Com o objetivo de verificar a aplicabilidade destes programas de retro-análise automáticos a dados reais, foi feita uma análise a duas estradas constituídas por pavimentos flexíveis, nomeadamente a A17 e a A7 com os programas ELMOD e Modulus. Estas análises consistiram em estimar os módulos de deformabilidade das várias camadas que constituem estas estradas através de dados obtidos por ensaios com o deflectómetro de impacto. Uma análise pela abordagem mais tradicional, também foi efetuada para ambas as estradas, de modo a permitir uma comparação entre as diferentes metodologias.

A figura 1 representa um exemplo dos vários ajustes obtidos entre a bacia de deflexão medida pelo FWD com as bacias calculadas pelo ELMOD, Modulus e BISAR neste estudo.

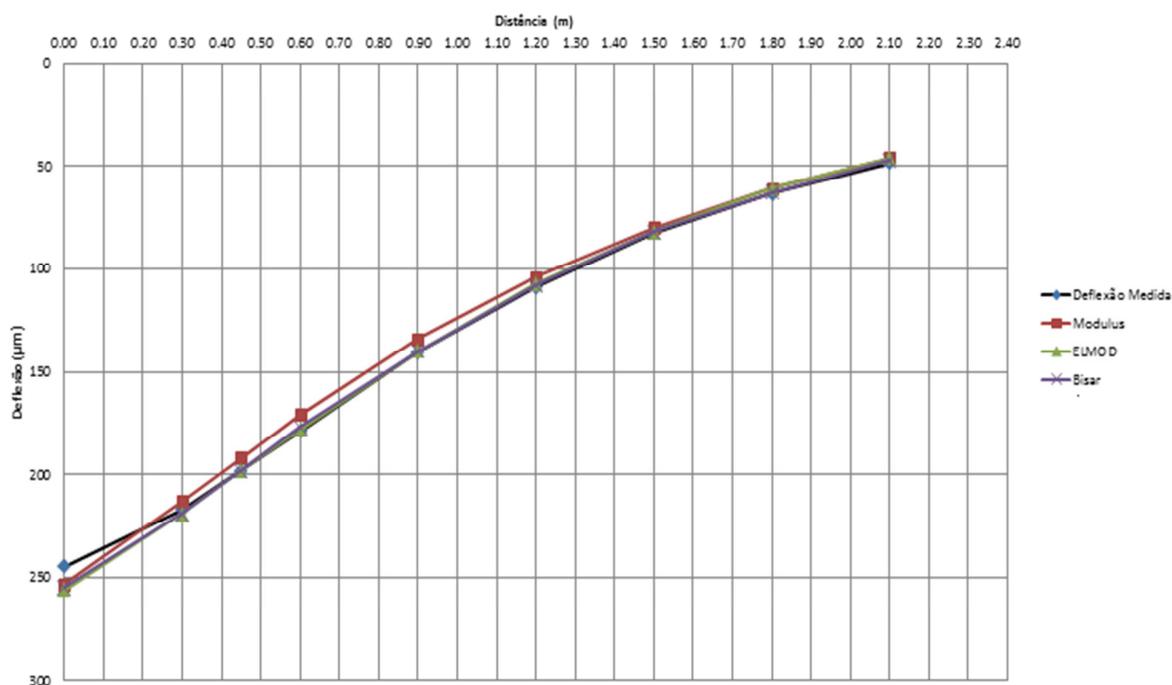


Fig. 1 - Ajuste entre a bacia de deflexão medida pelo FWD com as bacias calculadas pelo ELMOD, Modulus e BISAR (A17)

Com os resultados obtidos neste trabalho, verificou-se que foram atingidos na generalidade valores comparáveis para os módulos de deformabilidade para as várias camadas do pavimento em ambos os programas. No entanto, numa comparação direta com os resultados obtidos por uma abordagem tradicional, constatou-se que tanto o ELMOD como o Modulus, usados sem condução dos resultados, geram soluções pouco viáveis tendo em conta a experiência associada à metodologia usualmente utilizada em Portugal.

ARTIGO REF: 6586

MISTURAS BETUMINOSAS COM PARTÍCULAS ULTRAFINAS DE BORRACHA ADICIONADAS POR VIA SECA

Luís da Silva^{1(*)}, Agostinho Benta¹, Luís de Picado Santos²

¹Universidade de Aveiro, Depart. Eng^a Civil, Aveiro, Portugal

²Universidade de Lisboa, Depart. de Eng^a Civil, Arquitetura e Georrecursos do IST, Lisboa, Portugal

(*)Email: luisf@ua.pt

RESUMO

O conhecimento das misturas betuminosas com a adição de borracha por via seca assume-se como uma necessidade da atualidade porque estas têm um processo de fabrico muito mais barato e menos complexo que as fabricadas por via húmida e, potencialmente, podem constituir uma alternativa vantajosa não só às misturas produzidas por via húmida como principalmente às tradicionais. É avaliado o comportamento à fadiga, o comportamento à deformação permanente e a evolução da propagação de fendas de misturas betuminosas sem borracha e com partículas ultrafinas de borracha adicionadas por via seca. Para dimensionamento dum reforço sobre um pavimento fendilhado, pode concluir-se que um reforço com a mistura com borracha terá uma vida útil superior a um reforço com a mesma espessura da mistura sem borracha de pelo menos 10 vezes, no que respeita à resistência à fadiga, e de pelo menos 2,5 vezes, no que respeita à resistência à deformação permanente.

INTRODUÇÃO

A utilização do o granulado de borracha teve início nos anos 60, quando a borracha se tornou interessante para a indústria de pavimentação devido às suas propriedades elásticas, que tinham potencial para melhorar a durabilidade das misturas betuminosas e o atrito do pavimento (Cong, Xun, Xing, & Chen., 2013; Wang, Dang, Li, & You, 2013; Yin, Wang, & LV, 2013). Esta utilização do granulado de borracha nas misturas betuminosas constitui, também, uma vantagem ambiental por ajudar a escoar o material proveniente da reciclagem de pneus (Hassan, Airey, Jaya, Mashros, & Aziz, 2014).

O conhecimento das betuminosas com a adição de borracha por via seca assume-se como uma necessidade da atualidade porque estas têm um processo de fabrico muito mais barato e menos complexo que as fabricadas por via húmida, e potencialmente (Picado-Santos & Feiteira Dias, 2009) podem constituir uma alternativa vantajosa não só às misturas produzidas por via húmida como principalmente às tradicionais.

A incorporação de borracha granulada em misturas betuminosas pode ser feita através do processo húmido (*wet process*) e do processo seco (*dry process*). No processo húmido, a borracha granulada é adicionada ao betume convencional produzindo um “novo tipo de betume” denominado betume-borracha (BB). A incorporação de borracha no processo húmido pode ser feita através do sistema *continuous blend* (mistura do betume e da borracha em tanques especiais na própria central) e através do sistema *terminal blend* (mistura do betume e da borracha realizado em unidades industriais). No processo a seco, as partículas de borracha (normalmente 1% a 3% por massa do agregado total na mistura) são utilizadas em substituição de parte dos agregados finos (Fontes, 2009; López-Moro, Moro, Hernández-

Olivares, Schultz, & Alonso-Fernández, 2013; Moreno, Rubio, & Martinez-Echevarria, 2012).

Recentemente têm sido realizados estudos que procuram contribuir para o melhor conhecimento das misturas betuminosas com partículas ultrafinas de borracha adicionadas por via seca. Tem sido utilizado granulado de borracha com dimensões até 0,8 mm, numa percentagem que varia entre 0,5% e 1,5% em relação à massa total da mistura betuminosa. As principais propriedades avaliadas neste tipo de misturas betuminosas são: a sensibilidade à água; a resistência à deformação permanente, através do ensaio *whell tracking*; e a resistência à fadiga, através do ensaio de flexão em quatro pontos - *four-point bending tests* (Feiteira Dias, Picado-Santos, & Capitão, 2014; Hassan, Hainin, Yaacob, Ismail, & Yunus, 2013; López-Moro et al., 2013; Moreno et al., 2012).

À semelhança de estudos anteriores (Feiteira Dias & Picado-Santos, 2009; Feiteira Dias et al., 2014) o presente trabalho reforça a convicção que o processo de fabrico por via seca, que utiliza partículas de borracha de dimensões ultrafinas (como no processo por via húmida, diâmetro nominal inferior a 0,8 mm), produz misturas betuminosas descontínuas com qualidade similar às produzidas por via húmida.

Neste trabalho, perante condições de suporte mais adversas (por exemplo, camadas betuminosas fendilhadas) comprova-se o melhor comportamento da mistura betuminosa com partículas ultrafinas de borracha, adicionadas por via seca, MBR-BA, quando comparada com a mistura betuminosa de referência, sem borracha, do tipo AC14 Surf. É avaliado o comportamento à fadiga, o comportamento à deformação permanente e a evolução da propagação de fendas das misturas betuminosas com e sem borracha. São ainda apresentadas orientações de aplicação para a mistura MBR-BA.

A resistência à fadiga das misturas betuminosas foi avaliada recorrendo ao ensaio de flexão em quatro pontos com provetes prismáticos (CEN, 2004a). A avaliação do comportamento à deformação permanente das misturas betuminosas, com e sem borracha, recorreu à realização de ensaios com simulador de tráfego, *Wheel Tracking*, (CEN, 2003a). A avaliação resistência ao fendilhamento e da propagação de fendas recorreu à execução de fendas induzidas em vigas (ensaio de fadiga) e em lajes retangulares (ensaio *Wheel Tracking*).

MATERIAIS UTILIZADOS

Neste trabalho foram produzidas e caracterizadas, em laboratório, misturas betuminosas sem borracha e misturas betuminosas com alta percentagem de borracha (20% de borracha em relação à massa total de ligante betuminoso), utilizando o processo de fabrico por via seca. Este processo de fabrico utilizado é distinto dos dois processos mundialmente mais conhecidos, o “Plus Ride” (FHWA, 2005) e o “TAK Genérico” (CEDEX, 2007), onde o granulado de borracha substitui uma fração do agregado mineral. No processo de fabrico deste trabalho, a incorporação de granulado de borracha nas misturas betuminosas foi efetuada, não como substituição do agregado, mas sim, de forma a que este fizesse parte da percentagem total de ligante (betume convencional + borracha), de modo equivalente ao que acontece no processo por via húmida. Desta forma, são utilizadas partículas de borracha de dimensões ultrafinas (como no processo por via húmida, diâmetro nominal inferior a 0,8 mm).

A mistura betuminosa sem borracha produzida foi o betão betuminoso convencional do tipo AC14 Surf (EP, 2014). A mistura betuminosa rugosa com alta percentagem de borracha produzida foi denominada por MBR-BA. Esta mistura, com a exceção do processo de adição de borracha, é idêntica à mistura betuminosa rugosa com betume modificado com alta

percentagem de borracha adicionada por via húmida, MBR-BBA. Desta forma, a mistura MBR-BA seguiu os limites impostos, pelo Caderno de Encargos Tipo Obra das Estradas de Portugal - CET EP (EP, 2014), às misturas MBR-BBA.

O betume asfáltico utilizado para a formulação das misturas betuminosas com e sem borracha foi o betume de penetração nominal 35/50. Este betume cumpriu as especificações da norma NP EN 12591 (IPQ, 2011).

O granulado de borracha utilizado neste estudo foi obtido por trituração mecânica. Conforme o especificado pelo CET EP (EP, 2014), o granulado de borracha foi proveniente da reciclagem de borracha de pneus 100% vulcanizada, possui um elevado conteúdo de borracha natural, um teor em fibra máximo de 0,1%, um teor em aço máximo de 0,3% e um teor em água máximo de 2%. Apresenta-se, na Figura 1, a curva granulométrica do granulado de borracha, onde se verifica que o mesmo cumpre os limites granulométricos preconizados pelo CET EP (EP, 2014).

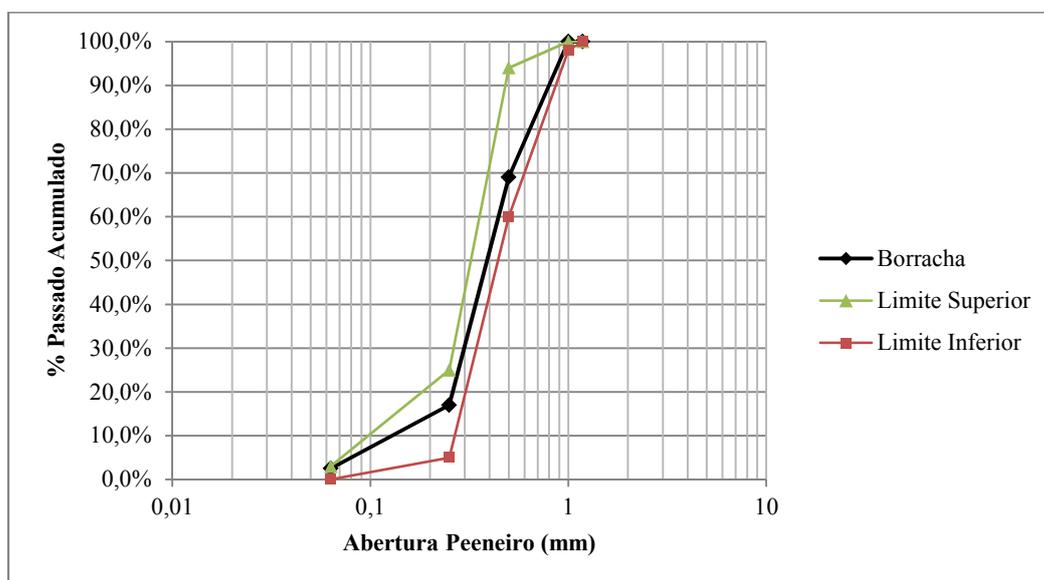


Fig. 1 - Curva granulométrica do granulado de borracha

Neste trabalho foram utilizados agregados graníticos britados, provenientes da exploração de formações homogêneas de uma pedra localizada em Santa Maria da Feira, Portugal. Estes agregados possuem a seguinte designação granulométrica: brita 8/20 - tamanho nominal entre 8,0 e 20,0 mm; brita 4/12 - tamanho nominal entre 4,0 e 12,0 mm; brita 4/10 - tamanho nominal entre 4,0 e 10,0 mm; e brita 0/4 (pó-de-pedra) - tamanho nominal inferior a 4,0 mm. De forma a cumprir o fuso granulométrico do CET EP (EP, 2014), foi, ainda, utilizado filer comercial, com partículas de tamanho inferior a 0,5 mm, procedente de Leiria, Portugal.

Apresentam-se, na Figura 2 e na Figura 3, as curvas granulométrica das misturas betuminosas MBR-BA e AC14 Surf, respetivamente, ambas enquadradas nos limites granulométricos preconizados pelo CET EP (EP, 2014).

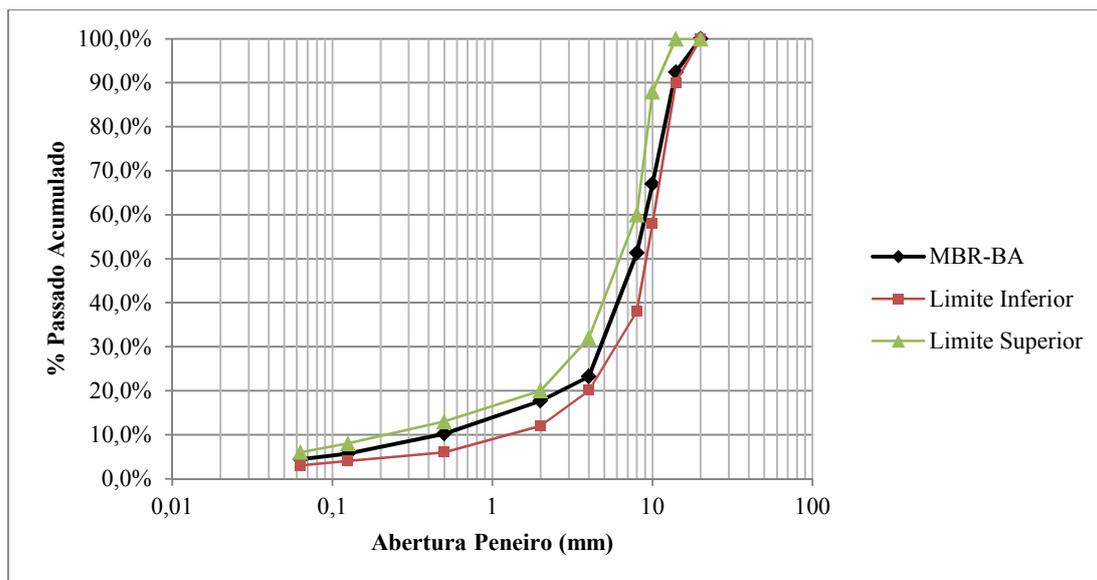


Fig. 2 - Curva granulométrica da mistura MBR-BA

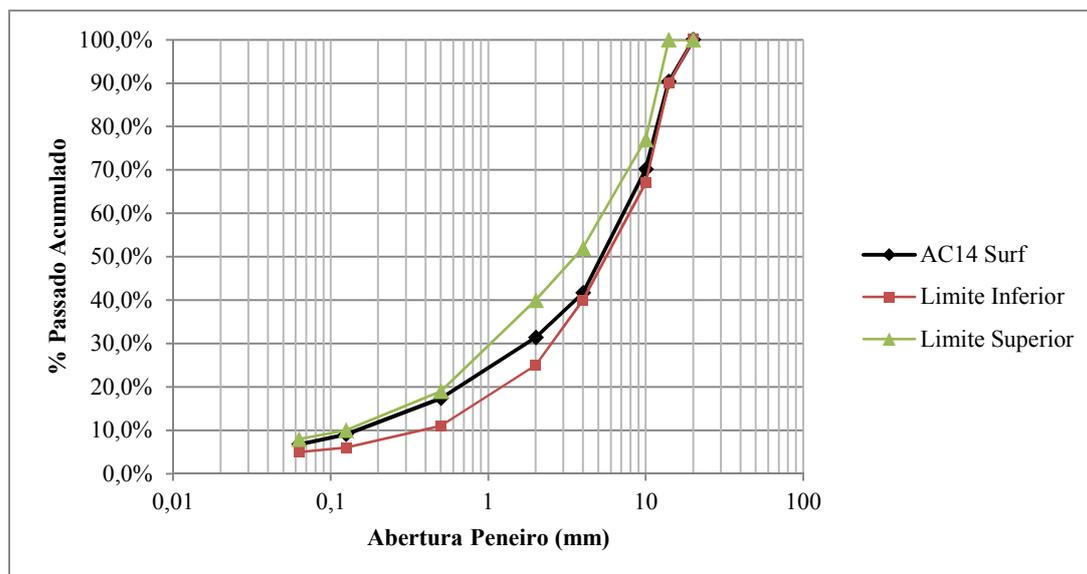


Fig. 3 - Curva granulométrica da mistura AC14 Surf

A adoção da percentagem de betume para ambas as misturas betuminosas teve em consideração estudos anteriores efetuados com o mesmo tipo de misturas betuminosas (Feiteira Dias, 2011; Feiteira Dias et al., 2014). Para tal adotaram-se as percentagens de 8,0%, para a mistura betuminosa MBR-BA, e de 5,0%, para a mistura betuminosa AC14 Surf. Estas percentagens de betume foram validadas através da determinação das principais propriedades das misturas betuminosas, através da realização de provetes Marshall, nomeadamente, a estabilidade, a baridade, a porosidade, a deformação e o VMA (Quad).

Quadro 1 - Características Marshall da mistura AC14 Surf

Mistura	Betume (%)	Estabilidade (kN)	Baridade (kg/m ³)	Porosidade (%)	Deformação (mm)	VMA (%)
MBR-BA	8,0	10,5	2185	3,7	4,1	20,6
AC14 Surf	5,0	9,1	2296	3,7	3,8	14,9

DEFORMAÇÃO PERMANENTE (*Wheel Tracking*)

Como descrito anteriormente, a avaliação do comportamento à deformação permanente das misturas betuminosas foi efetuada recorrendo a ensaios com simulador de tráfego (*Wheel Tracking*) de acordo com a norma EN 12697-22 (CEN, 2003a), recorrendo ao dispositivo de pequeno porte com os provetes acondicionados ao ar.

Foram realizadas lajes com as dimensões de 300x400x60 mm³. Estas foram compactadas, utilizando o equipamento Roller Compacter, de acordo com a norma EN 12697-33 (CEN, 2003b). Para cada tipo de mistura betuminosa, de acordo com a norma EN 12697-22, foram aplicados 10 000 ciclos de carga a um mínimo de 2 lajes (procedimento B), dando-se o ensaio por terminado quando se atingiu este valor ou quando a profundidade da rodeira atingiu 20 mm.

Os principais resultados, possíveis de retirar do ensaio de pista, foram a média da variação da deformação permanente ao ar - *Wheel Tracking Slope in air* (WTS_{AIR}), a média proporcional da profundidade da rodeira nos dois provetes ensaiados - *Mean Proportional Rut Depth in air* (PRD_{AIR}) e a profundidade média da rodeira - *Mean Rut Depth in air* (RD_{AIR}).

Conforme o especificado no CET EP (EP, 2014), a temperatura de ensaio adotada foi de 60°C. De acordo com a norma EN 12697-22, foi garantido que, antes do início da execução do ensaio, as lajes estiveram acondicionadas a uma temperatura, também, de 60°C durante o mínimo de 4 horas, não ultrapassando o máximo de 24 horas.

Para as lajes das misturas betuminosas MBR-BA e AC14 Surf, são apresentados, na Figura 4 e no Quadro 2, os resultados do ensaio *Wheel Tracking*.

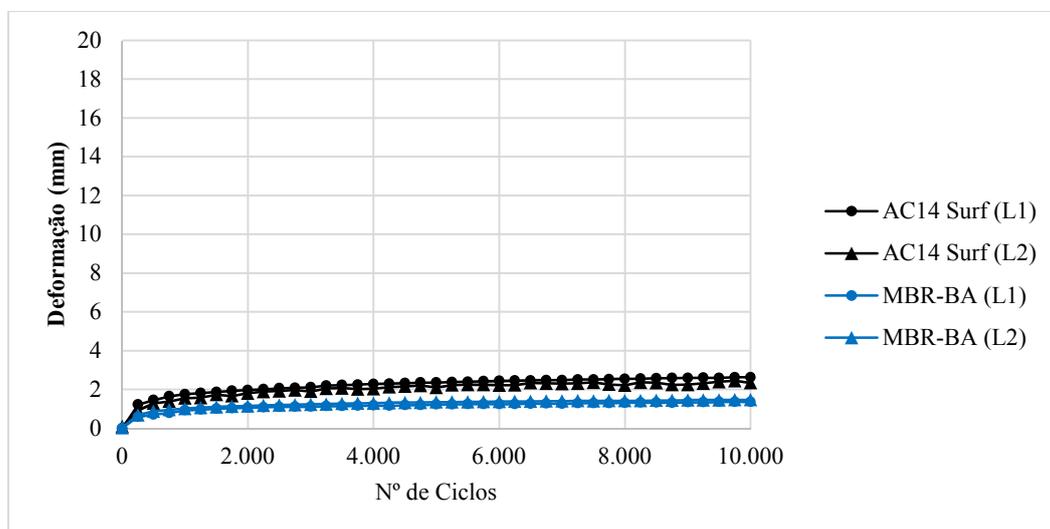


Fig. 4 - Curvas do ensaio *Wheel Tracking* às misturas MBR-BA e AC14 Surf

Quadro 2 - Resultados do ensaio *Wheel Tracking* às misturas MBR-BA e AC14 Surf

	MBR-BA			AC14 Surf		
	Laje 1	Laje 2	Média	Laje 1	Laje 2	Média
Espessura média (mm)	63,87	63,73	63,80	61,78	61,31	61,55
RD_{AIR} (mm)	1,40	1,32	1,36	2,43	2,34	2,39
PRD_{AIR} (%)	2,1	2,3	2,2	3,9	3,8	3,9
WTS_{AIR} (mm/10 ³ ciclos)	0,022	0,036	0,029	0,056	0,048	0,052

Dos resultados do ensaio *Wheel Tracking* à mistura MBR-BA (Figura 4 e Quadro 2) verificou-se que são cumpridos os limites afixados no CET EP (EP, 2014), ou seja, para o betume de penetração nominal 35/50, a média da variação da deformação permanente ao ar (WTS_{AIR}) inferior a 0,08 mm e a média proporcional da profundidade da rodeira (PRD_{AIR}) inferior a 6,0%. Verificou-se ainda que, para ambas as percentagens de betume, a profundidade média da rodeira (RD_{AIR}) foi bastante inferior a 20 mm (valor que define a paragem antecipada do ensaio *Wheel Tracking*). Verificou-se, ainda, que a mistura AC14 Surf, em relação à mistura MBR-BA, apresentou cerca do dobro da média da variação da deformação permanente ao ar (WTS_{AIR}), acontecendo o mesmo para os valores da média proporcional da profundidade da rodeira (PRD_{AIR}) e da profundidade média da rodeira (RD_{AIR}).

FADIGA (4-Point Bending Test)

Como referido anteriormente, o ensaio considerado para a avaliação da resistência à fadiga das misturas betuminosas, com e sem borracha, foi, de acordo com a norma EN12697-24 (CEN, 2004a), o ensaio de flexão em quatro pontos com provetes prismáticos (vigas) (*4-Point Bending Test*).

No ensaio de flexão em quatro pontos com provetes prismáticos, a caracterização do comportamento à fadiga das misturas betuminosas é efetuada através da aplicação de um carregamento sinusoidal controlado que provoca flexão em quatro pontos em vigas de secção quadrada ou retangular. Os apoios são dispostos de forma simétrica em relação à secção de meio-vão do provete. O carregamento é aplicado por meio dos dois apoios interiores, que se localizam, respetivamente, a um terço e a dois terços do comprimento entre os dois apoios exteriores. O carregamento aplicado deve ser constante e igual em ambos os apoios interiores. Os dois apoios exteriores têm posição vertical fixa. Todos os apoios devem permitir livre rotação e translação horizontal do provete (CEN, 2004a; Crucho, 2011).

Os provetes de ensaio (vigas) foram obtidos recorrendo ao fabrico de quatro lajes de cada mistura betuminosa, MBR-BA e AC14 Surf. De cada laje foram serradas cinco vigas de secção aproximadamente quadrada com 5 cm de aresta, e 40 cm de comprimento.

Módulo de deformabilidade

Neste trabalho, a avaliação do módulo de deformabilidade das misturas betuminosas seguiu o recomendado pelas normas EN 12697-24 e EN 12697-26 (CEN, 2004a, 2004b). Para tal, nos ensaios, foi considerada a temperatura de 20°C e uma extensão de 50 $\mu\text{m}/\text{m}$. Apresentam-se, na Figura 5, os valores médios dos módulos de deformabilidade das vigas das misturas AC14 Surf e MBR-BA.

Resistência à fadiga

Os ensaios de resistência à fadiga foram realizados considerando a extensão controlada e temperatura de 20°C. O critério de rotura adotado foi o usual para este modo de carregamento, ou seja, a diminuição do módulo de deformabilidade para 50% do seu valor inicial. O ensaio iniciou com a determinação do módulo de deformabilidade inicial do provete, onde, para tal, o equipamento efetuou inicialmente uma série de 100 ciclos. Apresentam-se, na **Fig**, as linhas de fadiga das misturas betuminosas MBR-BA e AC14 Surf.

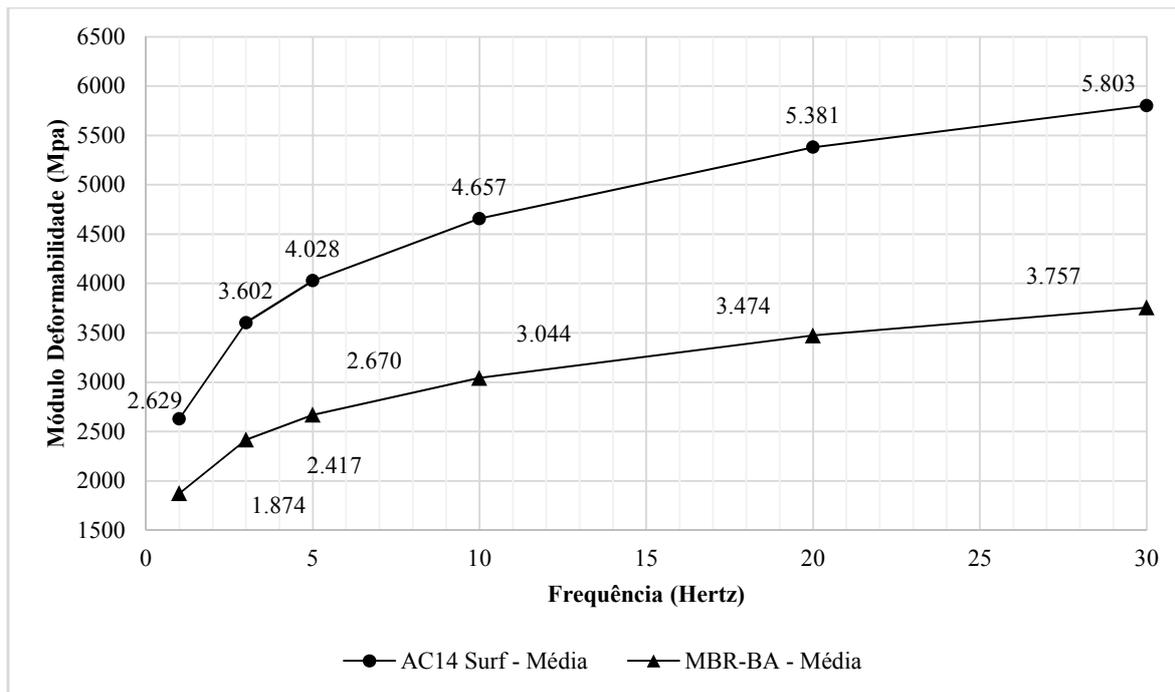


Fig. 5 - Módulo de deformabilidade das vigas das misturas AC14 Surf e MBR-BA à temperatura de 20°C

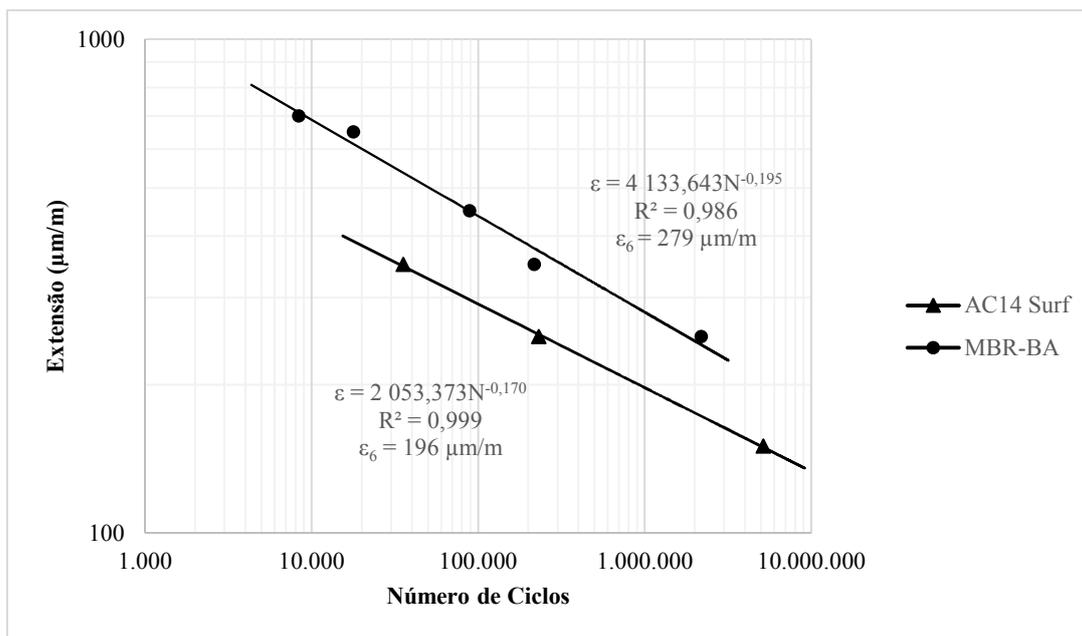


Fig. 6 - Comportamento à fadiga das vigas das misturas AC14 Surf e MBR-BA à temperatura de 20°C

De acordo com a representação mais usual da lei de fadiga das misturas betuminosas, obteve-se para a mistura betuminosa MBR-BA a seguinte relação entre a extensão de tração inicial, ϵ , e o número de ciclos até atingir o critério de rotura, N:

$$\epsilon = 4133,643 \times N^{-0,195} \tag{1}$$

Para a mistura betuminosa AC14 Surf obteve-se a seguinte relação entre a extensão de tração inicial, ϵ , e o número de ciclos até atingir o critério de rotura, N:

$$\varepsilon = 2053,373 \times N^{-0,170} \quad (2)$$

Complementarmente à lei de fadiga, a norma EN 12697-24 (CEN, 2004a) estipula que deverá ser apresentado o valor de ε_6 e ainda a inclinação da linha de fadiga. O valor de ε_6 representa o nível de extensão para o qual o número de ciclos necessário para se atingir a rotura é 1 000 000. Estes parâmetros estão presentes na Figura 6, tanto para a mistura betuminosa MBR-BA, como para a mistura betuminosa AC14 Surf.

Verifica-se, da Figura 6, que o valor ε_6 da mistura MBR-BA é cerca de 1,5 vezes superior ao valor ε_6 da mistura AC14-Surf. Tal significa que a mistura betuminosa com borracha adicionada por via seca, em relação à mistura betuminosa de referência, para o mesmo número de ciclos de carga, suporta um nível de extensão bastante superior. De forma análoga, para o mesmo nível de extensão, a mistura MBR-BA suporta um número de ciclos de carga, também, bastante superior (pelo menos 6 vezes mais).

De forma resumida pode dizer-se que a mistura MBR-BA apresenta melhor comportamento à fadiga que a mistura AC14 Surf. Este é um comportamento esperado já que para a temperatura de 20°C uma maior percentagem de ligante induz um melhor comportamento à fadiga quando analisado da forma descrita.

FADIGA COM FENDA INDUZIDA

No sentido de perceber como se comportam as misturas betuminosas estudadas neste trabalho, à presença de fendilhamento no pavimento, procedeu-se à realização de um ensaio de carregamento cíclico idêntico ao utilizado na verificação à fadiga. O ensaio foi em tudo semelhante ao ensaio de fadiga, com a exceção dos provetes ensaiados apresentarem uma fenda induzida (Figura 7). De forma a perceber como evoluía o fendilhamento nos provetes, optou-se por um critério de paragem do ensaio diferente, ou seja, o ensaio terminou quando o provete apresentou um módulo de deformabilidade de 20% em relação ao módulo de deformabilidade inicial.



Fig. 7 - Proвете betuminoso com fenda induzida

A fim de saber qual a profundidade de corte a adotar (corte de 5,0 mm de espessura com serra circular), efetuou-se uma simulação, no programa de elementos finitos SAP2000, do comportamento dos provetes betuminosos em condições de carregamento similares às do ensaio de fadiga. Assim, apresenta-se, na Figura 8, os resultados da máxima tensão de tração na base do provete betuminoso para todas as profundidades de fenda consideradas no modelo de elementos finitos. Desta análise, como seria de esperar, verificou-se que a tensão de tração aumenta com o aumento do comprimento da fenda induzida. Contudo, este aumento foi mais acelerado até aos 6 mm, sendo menos evidente a partir dos 8 mm. Desta forma, adotou-se que a fenda induzida, a considerar no ensaio, teria uma profundidade de 10 mm, valor médio entre os 8 e os 12 mm.

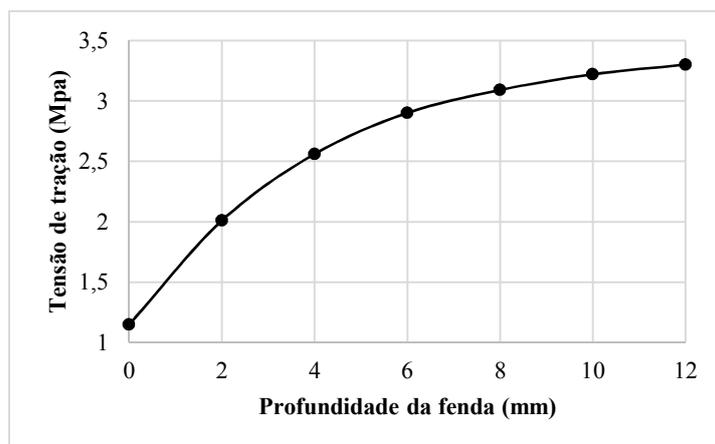


Fig. 8 - Máxima tensão de tração na base do provete do modelo de elementos finitos

Apresenta-se, na Figura 9, o número de ciclos que cada mistura suporta, na extensão de 250 $\mu\text{m/m}$, para o critério de paragem de 50% e 20% do módulo de deformabilidade inicial. São ainda apresentados dois pontos que representam número de ciclos que cada mistura suportou no ensaio de fadiga sem fenda induzida, também, na extensão de 250 $\mu\text{m/m}$.

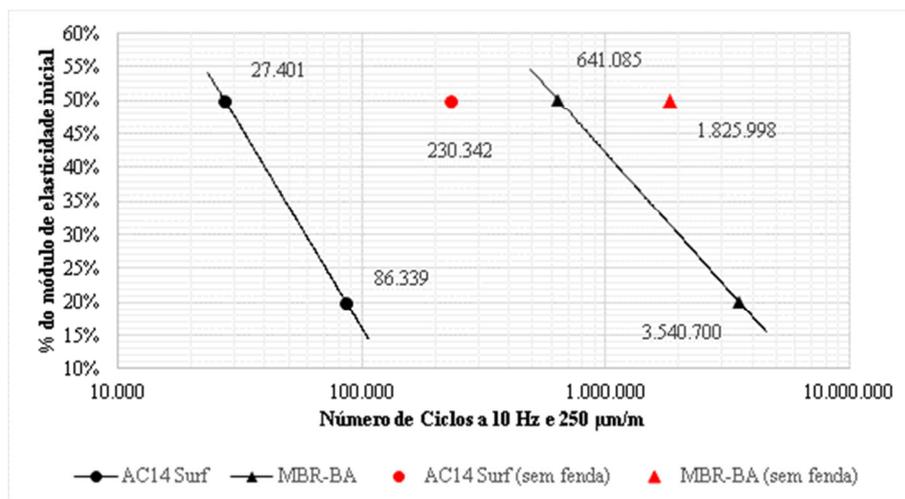


Fig. 9 - Número de ciclos para diferentes critérios de paragem (50% e 20%) à temperatura de 20°C

Da análise da Figura 9, no que respeita ao comportamento à fadiga das misturas betuminosas MBR-BA e AC14 Surf, podem obter-se várias inferências. Para o critério de paragem de 50% do módulo de deformabilidade inicial, a mistura MBR-BA, em relação à AC14, suporta um número de ciclos bastante superior (mais de 20 vezes superior). Quando o critério de paragem é 20% do módulo de deformabilidade inicial, esta diferença é ainda maior, cerca de 40 vezes superior. Ou seja, quando se permite uma maior incidência de propagação da fenda (passar do critério de paragem de 50% para 20% tem esse efeito) nas mesmas condições de ensaio a MBR-BA permite um acréscimo de cerca de 100000 repetições por cada decréscimo de 1% de módulo de deformabilidade contra 2000 repetições da AC14surf nas mesmas condições. Tal indica, sem margem para dúvida e para as condições de ensaio descritas, que a mistura betuminosa com borracha adicionada por via seca, MBR-BA, possui uma muito maior capacidade para absorver os acréscimos de tensão gerados na zona envolvente à fenda induzida nos provetes, pelo que é legítimo admitir que terá uma muito maior capacidade para

resistir ao atravessamento por fendilhamento vindo de camadas inferiores, vulgo propagação de fendas.

Também, da Figura 9, é possível observar outra particularidade. Quando comparado o número de ciclos que cada mistura suporta em provetes com fenda induzida e em provetes sem fenda induzida, verifica-se uma diferença acentuada entre a mistura MBR-BA e a mistura AC14 Surf. Como seria de esperar, ambas as misturas, em provetes com fenda induzida, suportam um número de ciclos inferior às misturas em provetes sem fenda induzida, no entanto esta diferença é muito mais acentuada na mistura betuminosa AC14 Surf (cerca de 8 vezes inferior) do que na mistura betuminosa MBR-BA (cerca de 3 vezes inferior). Desta forma, também por aqui, se verifica que a mistura betuminosa com borracha adicionada por via seca, MBR-BA, tem uma muito maior capacidade para resistir à propagação de fendas, levando em conta as condições de ensaio descritas.

DEFORMAÇÃO PERMANENTE COM FENDA INDUZIDA

De forma a perceber melhor como reagem as misturas betuminosas à propagação de fendas, realizou-se uma adaptação ao ensaio de deformação permanente com recurso ao *Wheel Tracking* (Figura 10). Aqui foi também utilizado o dispositivo de pequeno porte com os provetes acondicionados ao ar, ou seja, procedimento B da norma EN 12697-22 (CEN, 2003a).

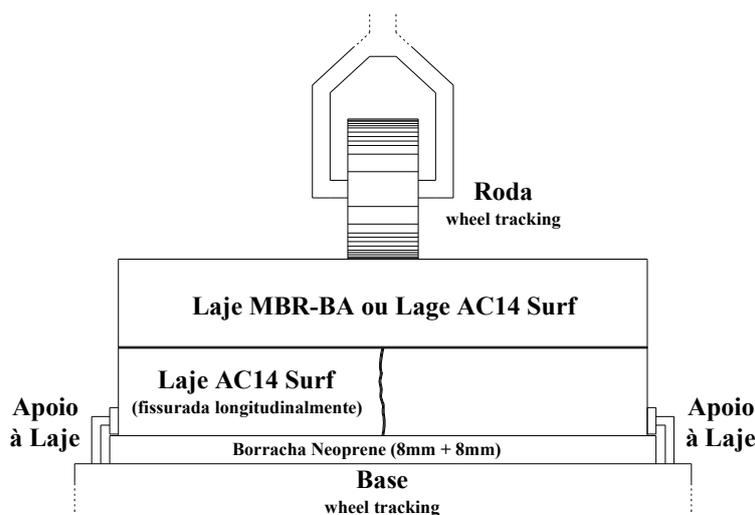


Fig. 10 - Disposição das lajes no ensaio de deformação permanente com fenda induzida

A adaptação que se efetuou ao ensaio, de acordo com a Figura 10, seguiu, essencialmente, o seguinte: o ensaio considerou-se terminado ao fim de 20 000 ciclos e não ao fim de 10 000 ciclos; em vez de utilizar uma única laje por ensaio, utilizaram-se duas lajes coladas, sendo que a laje inferior possuía uma fenda longitudinal central em toda a espessura da laje; o conjunto das duas lajes passou a estar apoiado sobre duas membranas de borracha neoprene com a espessura de 8 mm cada; as lajes, durante o ensaio, deixaram de estar confinadas por um molde metálico, estando apenas amparadas por dois apoios laterais; a temperatura do ensaio foi de 20°C e 40°C; e, por limitações de espaço disponível no equipamento de ensaio e no molde de compactação, a espessura de cada laje foi de 45 mm.

Na Figura 11 está representada, para a temperatura de 20°C, a evolução da deformação do grupo de lajes AC14 Surf + AC14 Surf e AC14 Surf + MBR-BA ao longo do ensaio *Wheel Tracking*.

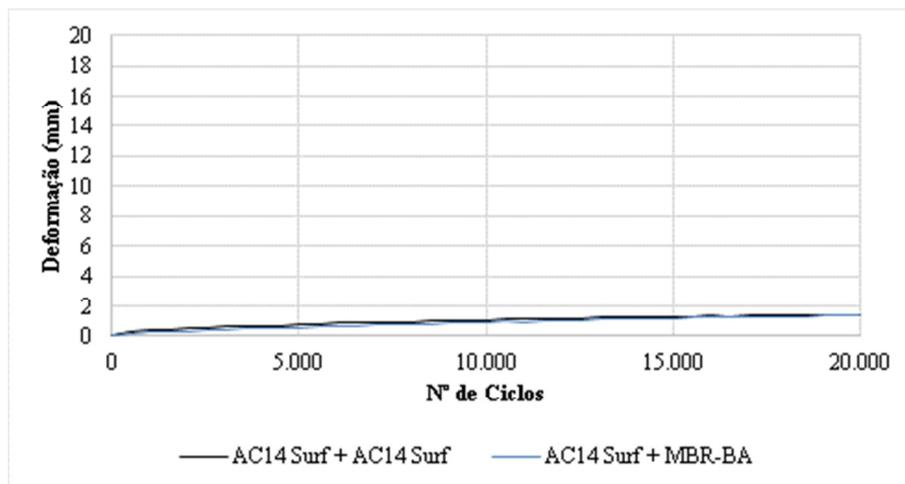


Fig. 11 - Deformação permanente à temperatura de 20°C

Na Figura 12 está representada, para a temperatura de 40°C, a evolução da deformação do grupo de lajes AC14 Surf + AC14 Surf e AC14 Surf + MBR-BA ao longo do ensaio *Wheel Tracking*.

Do Quadro 2 podem obter-se várias observações. Para a temperatura de ensaio de 20°C o comportamento, à deformação permanente, do grupo de lajes AC14 Surf + MBR-BA é ligeiramente melhor do que o do grupo de lajes AC14 Surf + AC14 Surf. Este último apresenta uma média da variação da deformação permanente ao ar, WTS_{AIR} , cerca de 1,5 vezes superior. Para a temperatura de ensaio de 40°C a diferença é bem mais acentuada. Para o grupo de lajes AC14 Surf + AC14 Surf o valor de WTS_{AIR} é mais de 5 vezes superior. A mesma diferença se verifica para a profundidade média da rodeira, RD_{AIR} , e para a média proporcional da profundidade da rodeira, PRD_{AIR} .

Relembrando o ensaio *Wheel Tracking* às lajes das misturas betuminosas MBR-BA e AC14 Surf sem fenda induzida, à temperatura de 60°C, (valores de WTS_{AIR} , RD_{AIR} e PRD_{AIR} resumidos no Quadro 2) verifica-se que a mistura betuminosa AC14 Surf apresentou uma média da variação da deformação permanente ao ar, WTS_{AIR} , cerca de 2 vezes superior à mistura MBR-BA. Neste caso, com a presença de uma fenda induzida, na temperatura de 40°C, esta diferença foi maior (5 vezes).

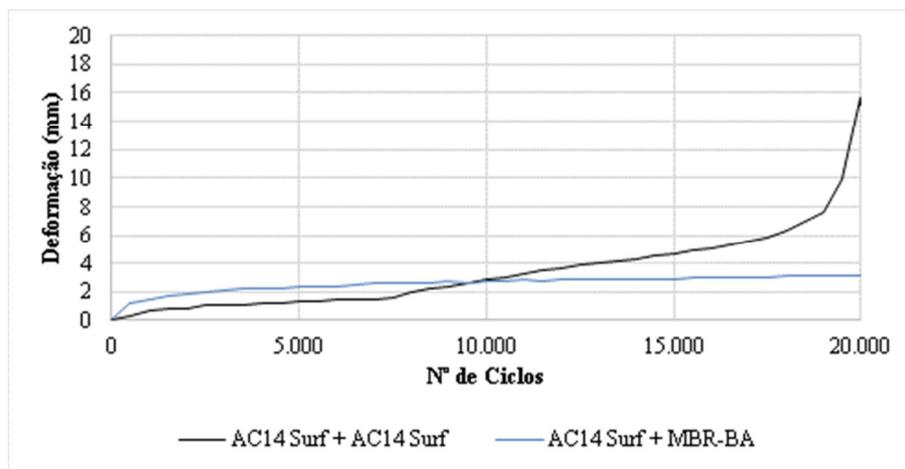


Fig. 12 - Deformação permanente à temperatura de 40°C

Apresenta-se, no Quadro 3, os resultados do ensaio *Wheel Tracking* para os diferentes grupos de lajes.

Quadro 3 - Resultados do ensaio Wheel Tracking para diferentes combinações de lajes

Laje	Temp. do ensaio (°C)	Espessura Laje (mm)	Final do ensaio		RD _{AIR} (mm)	PRD _{AIR} (%)	WTS _{AIR} (mm/10 ³ ciclos)
			Duração (min)	Nº ciclos			
AC14 Surf + MBR-BA	20	91,3	766	20000	1,39	01,52	0,042
	40	91,5	766	20000	3,12	03,41	0,052
AC14 Surf + AC14 Surf	20	92,6	766	20000	1,45	01,57	0,060
	40	92,1	766	20000	15,63	16,97	0,301

De acordo com os resultados obtidos pode inferir-se que a mistura betuminosa com borracha adicionada por via seca, MBR-BA, para além de ter um melhor comportamento à deformação permanente do que a mistura betuminosa sem borracha, AC14 Surf, também apresenta uma melhor resposta à presença de fendas nas camadas que a suportam.

CONCLUSÕES

Verificando-se que a mistura AC14 Surf, em relação à mistura MBR-BA, apresentou cerca do dobro de WTS_{AIR} de PRD_{AIR} e de RD_{AIR}, pode concluir-se que a mistura MBR-BA apresenta maior resistência à deformação permanente do que a mistura AC14 Surf.

Em relação à resistência à fadiga, verificou-se que a mistura betuminosa com borracha adicionada por via seca, em relação à mistura betuminosa sem borracha, para o mesmo número de ciclos de carga, suportou um nível de extensão bastante superior. De forma análoga, para o mesmo nível de extensão, a mistura betuminosa com borracha suportou um número de ciclos de carga, também, bastante superior (pelo menos 6 vezes mais).

No que respeita à propagação de fendas, pode concluir-se que esta teve uma influência mais acentuada na mistura betuminosa sem borracha.

Do ensaio de fadiga com fenda induzida verificou-se que para o mesmo nível de ruína da viga betuminosa, critério de paragem de 20% do módulo de deformabilidade inicial, a mistura MBR-BA suportou cerca de 40 vezes mais ciclos de carga que a mistura betuminosa AC14 Surf. Observou-se, ainda, que a diferença entre o número de ciclos que suportaram os provetes com fenda induzida e sem fenda induzida foi mais alargada na mistura betuminosa AC14 Surf.

Do ensaio de deformação permanente com fenda induzida verificou-se que, principalmente à temperatura de 40°C, o valor de WTS_{AIR} da mistura betuminosa AC14 Surf foi bastante superior ao da mistura MBR-BA, concluindo-se também daqui que a mistura betuminosa MBR-BA apresenta uma melhor resposta à presença de fendas nas camadas que a suportam.

Para efeitos de dimensionamento de um reforço sobre um pavimento fendilhado, considerando plausível a utilização dum coeficiente de translação de 2 para aplicação real (hipótese também verificada em Claessen et al. (1977), embora a indicação para a avaliação, por exemplo, à fadiga pelo método da Shell tivesse sido dada noutra sentido) ou seja sendo muito conservador, considerando que a vida útil da mistura betuminosa em serviço é metade da vida útil verificada em laboratório, indica-se o seguinte como orientação prática (Claessen Edwards, Sommer, & Ugé, 1977):

- no que respeita à resistência à fadiga, para um valor final do módulo de deformabilidade de 50% do valor inicial, um pavimento fendilhado reforçado com a mistura MBR-BA terá uma vida útil pelo menos 10 vezes superior a um pavimento reforçado com a mesma espessura dum mistura do tipo AC14 Surf;

- ainda relativamente à resistência à fadiga, para um valor final do módulo de deformabilidade de 20% do valor inicial, um pavimento fendilhado reforçado com a mistura MBR-BA terá uma vida útil pelo menos 20 vezes superior a um pavimento reforçado com a mesma espessura numa mistura do tipo AC14 Surf;
- em termos de comportamento à deformação permanente, um pavimento fendilhado reforçado com a mistura MBR-BA terá uma vida útil pelo menos 2,5 vezes superior a um pavimento reforçado com a mesma espessura numa mistura do tipo AC14 Surf.

Desta forma, com este estudo pode concluir-se que a mistura betuminosa com alta percentagem de borracha adicionada por via seca, MBR-BA, apresenta um melhor desempenho estrutural que a mistura betuminosa sem borracha, AC14 Surf, com um efeito pronunciado na resistência à progressão de fendilhamento na própria mistura, o que traduz um comportamento que deve ser valorado quando se pretende reabilitar pavimentos com deterioração avançada provocada por aquele tipo de degradação.

AGRADECIMENTOS

Fundação para a Ciência e a Tecnologia, FCT, pela bolsa de doutoramento de referência SFRH/BD/79151/2011.

Laboratório de Vias de Comunicação do Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa.

Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.

REFERÊNCIAS

- [1]-CEDEX. (2007). Manual de Empleo de NFU en mezclas bituminosas. Espanha: Ministério de Fomento.
- [2]-CEN. (2003a). Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Part 22: wheel tracking. EN 12697-22. Bruxelas: European Committee for Standardization.
- [3]-CEN. (2003b). Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt - Part 33: Specimen prepared by roller compactor. EN 12697-33. Bruxelas: European Committee for Standardization.
- [4]-CEN. (2004a). Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Part 24: Resistance to fatigue. EN 12697-24. Bruxelas: European Committee for Standardization.
- [5]-CEN. (2004b). Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Part 26: Stiffness. EN 12697-26. Bruxelas: European Committee for Standardization.
- [6]-Claessen, A., Edwards, J., Sommer, P., & Ugé, P. (1977). Asphalt Pavement Design Manual: the SHELL Method. In 4th International Conference on Structural Design of Asphalt Pavements. Ann Arbor-Michigan: University of Michigan.
- [7]-Cong, P., Xun, P., Xing, M., & Chen., S. (2013). Investigation of Asphalt Binder Containing Various Crumb Rubbers and Asphalts. Construction and Building Materials, 40, 632-641.
- [8]-Crucho, J. (2011). Contribuição para o estudo da resistência à fadiga de misturas betuminosas com incorporação de ASIC. Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa.

- [9]-EP. (2014). *Caderno de Encargos Tipo Obra - Pavimentação*. Lisboa, Portugal: Estradas de Portugal.
- [10]-Feiteira Dias, J. (2011). *Misturas Betuminosas Incorporando por Via Seca Borracha de Pneus Usados - Caracterização e Validação Tecnológica*. Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Tese de Doutoramento. Coimbra.
- [11]-Feiteira Dias, J., & Picado-Santos, L. (2009). *Avaliação de Desempenho de Misturas Betuminosas Rugosas com Incorporação de Alta Percentagem de Granulado de Borracha de Pneus Usados*. In XV Congresso Ibero-Latino Americano do Asfalto. Lisboa.
- [12]-Feiteira Dias, J., Picado-Santos, L., & Capitão, S. D. (2014). Mechanical performance of dry process fine crumb rubber asphalt mixtures placed on the Portuguese road network. *Construction and Building Materials*, 73, 247-254.
- [13]-FHWA. (2005). *User Guidelines for Waste and Byproduct Materials in Pavement Construction*. Washington, D. C.: Federal Highway Administration.
- [14]-Fontes, L. (2009). *Optimização do Desempenho de Misturas Betuminosas com Betume Modificado com Borracha para Reabilitação de Pavimentos*. Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Tese de Doutoramento. Guimarães.
- [15]-Hassan, N. A., Airey, G. D., Jaya, R. P., Mashros, N., & Aziz, M. M. A. (2014). A Review of Crumb Rubber Modification in Dry Mixed Rubberised Asphalt Mixtures. *Jurnal Teknologi*, 70, 127-134.
- [16]-Hassan, N. A., Hainin, M. R., Yaacob, H., Ismail, C. R., & Yunus, N. Z. M. (2013). Evaluation on Mix Design and Rutting Resistance of Dry Mixed Rubberised Asphalt Mixtures. *Jurnal Teknologi*, 65, 115-120.
- [17]-IPQ. (2011). *Betumes e ligantes betuminosos. Especificações para betumes de pavimentação*. NP EN 12591. Lisboa: Instituto Português da Qualidade.
- [18]-López-Moro, F. J., Moro, M. C., Hernández-Olivares, F., Schultz, B. W., & Alonso-Fernández, M. (2013). Microscopic Analysis of the Interaction Between Crumb Rubber and Bitumen in Asphalt Mixtures Using the Dry Process. *Construction and Building Materials*, 48, 691-699.
- [19]-Moreno, F., Rubio, M. C., & Martinez-Echevarria, M. J. (2012). The Mechanical Performance of Dry-Process Crumb Rubber Modified Hot Bituminous Mixes: The Influence Of Digestion Time and Crumb Rubber Percentage. *Construction and Building Materials*, 26(1), 466-474.
- [20]-Picado-Santos, L., & Feiteira Dias, J. (2009). Assessment Performance of Bituminous Mixtures Incorporating Rubber Modified Bitumen. In *Sixth International Conference on Maintenance and Rehabilitation of Pavements and Technological Control (MAIREPA6)*. Turin.
- [21]-Wang, H., Dang, Z., Li, L., & You, Z. (2013). Analysis on Fatigue Crack Growth Laws for Crumb Rubber Modified (CRM) Asphalt Mixture. *Construction and Building Materials*, 47, 1342-1349.
- [22]-Yin, J., Wang, S., & LV, F. (2013). Improving the Short-Term Aging Resistance of Asphalt by Addition of Crumb Rubber Radiated by Microwave and Impregnated Inepoxidized Soybean Oil. *Construction and Building Materials*, 49, 712-719.

ARTIGO REF: 6630

PROPOSTA DE REDE DE TRANSPORTE PARA SUPORTE DOS SERVIÇOS DA REDE “IP” POR “TETRA” E SINALIZAÇÃO NO CORREDOR FERROVIÁRIO DE NACALA

Awado Severiano Sabiti^{1(*)}, Fernando Mira da Silva²

¹Engenheiro, Moçambique; ²Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa,, Portugal

(*)*Email*: awadosabiti@gmail.com

RESUMO

A exploração de carvão no distrito de Moatize, província de Tete tem conhecido um forte incremento nos últimos anos, com perspectivas de crescimento a médio prazo. De forma a permitir o escoamento dos elevados volumes de produção, realizaram-se obras de reabilitação e expansão da ferrovia existente no corredor do Norte. Este projecto teve como principal objectivo escoar o carvão da mina de Moatize até um novo terminal portuário, em Nacala-velha, com uma extensão de aproximadamente 910 Km atravessando o país vizinho Malawi.

Segundo [Barros,2013], uma operação ferroviária eficiente, eficaz e segura, depende directamente de um eficiente e disponível sistema de telecomunicações que permita monitorar e controlar os comboios evitando colisões e acima de tudo otimizar o uso da linha. Este trabalho apresenta e discute uma proposta de arquitetura, equipamentos, protocolos, bem como a melhor configuração para a rede de transporte IP para suporte dos serviços de sinalização e monitorização dos comboios através de 51 estações base e um centro de controlo operacional. Este último, localizado no Porto de Nacala-a-Velha, que tem por objectivo licenciar os comboios e controlar a operação ferroviária.

A arquitectura proposta baseia-se no sistema TETRA (Terrestrial Trunked Radio). O TETRA é um sistema privado trunking de rádio digital desenvolvido pela ETSI que funciona em TDMA. O sistema TETRA [Dolanc & Judei,03] é usado para comunicações móveis profissionais via rádio. Este sistema está padronizado a nível de acesso, orientando a interacção entre os diversos dispositivos da rede pertencente aos mais diversos fabricantes no que diz respeito a interface ar, terminais, conexão entre sistemas e modo de operação directa. Porém, não contempla a padronização da infra-estrutura de transportes entre as estações-base que compõem a rede.

Propõe-se, entretanto, a implantação de uma rede de transportes composta por links de microondas e comutação de nível 2 (modelo OSI). A arquitectura da rede é apresentada na Figura 1. A Figura 1 é um extracto do ambiente laboratorial de testes onde as SBS1 a 51 representam as 51 estações bases localizadas ao longo da ferrovia. Cada estação base está equipada com um switch da rede de transportes IDU responsável por garantir a rede de transporte para suporte dos serviços TETRA e de sinalização e controlo da ferrovia. O SNI é responsável por fazer a interface entre o ambiente TETRA e o ambiente puramente IP. O TETRA SW representa o switch responsável por efectuar a comutação dos terminais TETRA instalados nos comboios. OS terminais TETRA instalados nos comboios devem transportar os dados relativos a localização do comboio, licença/autorização de deslocação e outros dados do comboio importantes para a gestão da manutenção ferroviária. O PC conectado à estação base representa um equipamento terminal instalado na locomotiva. O VOC representa o SWITCH responsável por oferecer serviços IP aos diversos equipamentos de controlo da ferrovia, tais

como, sensores e aparelhos de mudança de via. A rede de transportes IP está fragmentada em duas VLANs distintas, VLAN 2 para os serviços TETRA e a VLAN 3 para os equipamentos da via ferroviária.

O SNC_CCO representa o centro de controlo operacional, Para garantir maior disponibilidade do centro de controlo, todos equipamentos vitais devem ter backup, por este motivo, podemos ver na figura representado o swith de backup. A resiliência da rede é garantida por links via satélite em algumas estações base. Nesta ligação através de um router (SBS Satellite), são adoptados túneis de nível 2 encapsulados pelo protocolo L2TPv3. O protocolo spanning-tree é proposto para garantir uma topologia com redundância de caminhos sem a criação de *loops* de nível 2, de forma a garantir a persistência da conetividade em caso de falha de uma das ligações. A solução proposta foi validada e testada através de um modelo em ambiente laboratorial com base na ferramenta de simulação GNS3.

Neste trabalho, detalha-se a arquitetura seleccionada, descreve-se a implementação e teste laboratorial da arquitetura proposta, são também apresentados os resultados da validação das simulações realizadas. São discutidos, em particular, os resultados obtidos, a validação da arquitectura e as limitações das simulações realizadas.

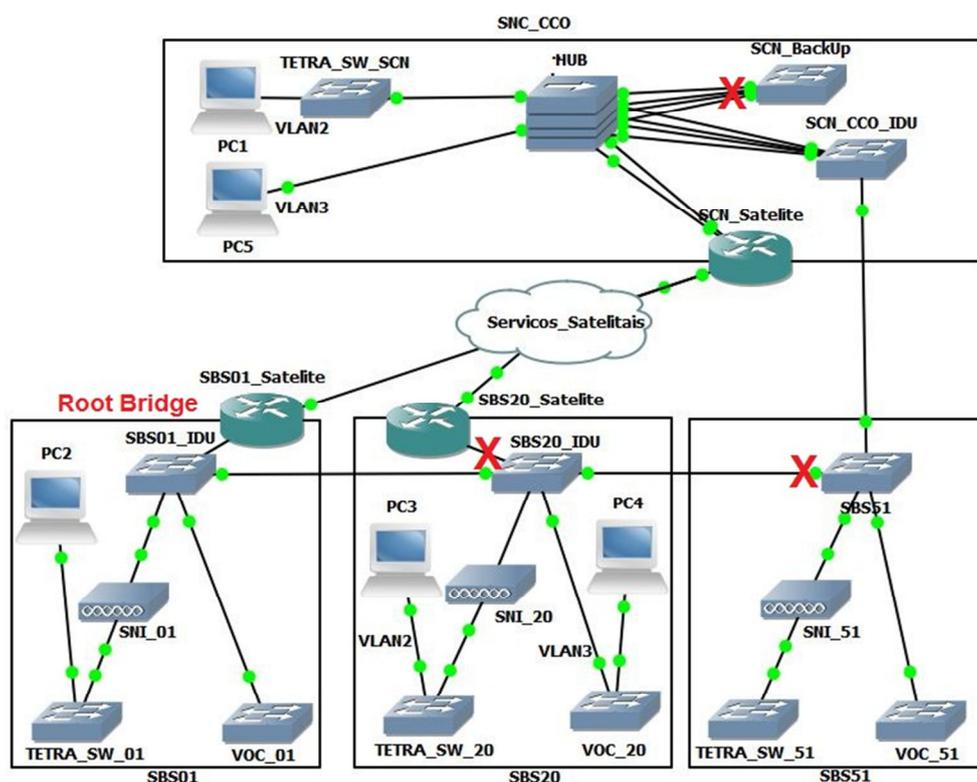


Fig. 1 - Proposta da Topologia da Rede Representativa em GNS3.

REFERÊNCIAS

- [1]-Dolanc, B., Judei, M., Professional Mobile system - TETRA over IP and IP over TETRA, Computer as a Tool, The IEEE Region 8, EUROCON 2003. <http://ieeexplore.ieee.org>.
- [2]-Barros, J.M., Avaliação dos Principais Métodos Analíticos de Cálculo de Capacidade de Tráfego Utilizado em Ferrovia Nacional e Internacionais, mestrado em Geotecnia e Transporte, Univ. Fed. de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, 2013, <https://www.ufmg.br/pos/geotrans/images/stories/diss029.pdf> (acedido em Fevereiro de 2014).

ARTIGO REF: 6645

DIMENSIONAMENTO E AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DE PAVIMENTOS AEROPORTUÁRIOS: APLICAÇÃO DO FAARFIELD ÀS PISTAS DE LISBOA E FARO

Ricardo A. Cabral Vieira^{1(*)}, Luís de Picado Santos²

¹Norma Açoress, S.A., Dir. de Engenharia e Fiscalização (DEF) - Ponta Delgada, Portugal

²Universidade de Lisboa, Depart. de Engenharia Civil, Arq. e Georrecursos (DECivil-IST) - Lisboa, Portugal

(*)*Email*: rcabralvieira@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

A Advisory Circular 150/5320-6E (2009) da Federal Aviation Administration introduz com o software FAARFIELD novas orientações ao dimensionamento e avaliação estrutural de pavimentos aeroportuários. Deste modo, procede-se à exploração desta nova metodologia e à apreciação da sua aplicabilidade em Portugal, realizando-se uma análise comparativa entre os resultados desta e os decorrentes da metodologia empírico-mecanicista habitualmente usada na tecnologia portuguesa.

INTRODUÇÃO

Existe atualmente uma variedade de metodologias de dimensionamento de pavimentos aeroportuários com maior ou menor grau de divulgação e aceitabilidade em cada país. Além disso, há uma tendência crescente ao desenvolvimento de softwares, como o FAARFIELD, PCASE (Estados Unidos da América), ALIZE-LCPC (França), APSDS (Austrália), entre outros.

A análise comparativa dos resultados obtidos utilizando diferentes metodologias de dimensionamento é uma ferramenta essencial para a compreensão e evolução das mesmas.

A Federal Aviation Administration (FAA) do U.S. Department of Transportation é uma das entidades que ao longo das décadas mais tem estudado e impulsionado o progresso das metodologias de dimensionamento de pavimentos aeroportuários. A reputação auferida faz com que as suas publicações tenham um impacto global. A Advisory Circular 150/5320-6E (FAA, 2009) apresenta o software FAARFIELD como o seu mais avançado método de dimensionamento e avaliação estrutural de pavimentos aeroportuários.

O FAARFIELD foi utilizado na sua versão 1.305.

ENQUADRAMENTO

No caso dos pavimentos flexíveis, o dimensionamento e avaliação estrutural é correntemente realizado através de métodos empírico-mecanicistas nos quais o cálculo do estado de tensão-deformação recorre a um modelo estrutural de multicamadas com comportamento elástico linear baseado no modelo de Burmister, sendo estas horizontais, homogéneas e isotrópicas, conforme apresentado na Figura 1.

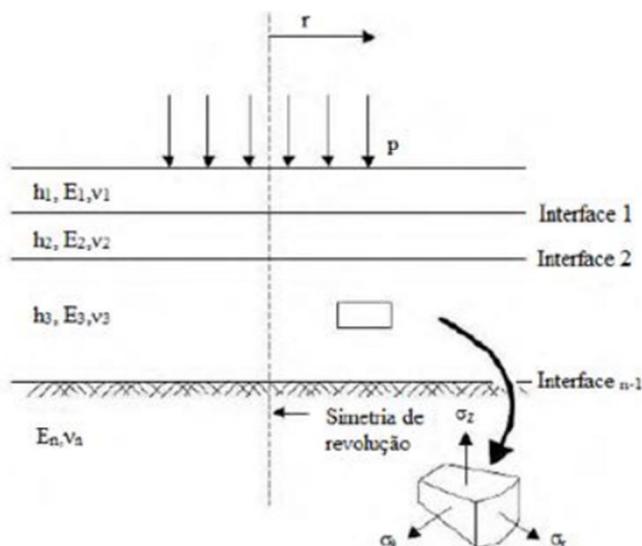


Fig. 1 - Modelo estrutural de multicamadas com comportamento elástico linear.

No entanto, até à anterior Advisory Circular 150/5320-6D (FAA, 1995), a FAA construiu ábacos com curvas de dimensionamento desenvolvidas pela correlação de informação proveniente de diversas fontes e pelo método do California Bearing Ratio (CBR), detalhado por Taboza-Pereira (1977), as quais foram sucessivamente atualizadas para responder da melhor forma às exigências verificadas.

Deste modo, a FAA definia a ação do tráfego com recurso ao conceito de aeronave crítica ou de projeto, sendo esta a aeronave do espetro de tráfego que requeria uma maior espessura para o pavimento, função do seu peso bruto, número de descolagens e trem de aterragem. Após a sua definição através das curvas de dimensionamento, as restantes aeronaves seriam convertidas na aeronave crítica segundo a relação:

$$\log(R_1) = \log(R_2) \times \left(\frac{W_2}{W_1} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

em que R_1 é o número de descolagens anuais equivalentes da aeronave crítica, R_2 o número de descolagens anuais da aeronave em análise expresso com a configuração do trem de aterragem da aeronave crítica, W_1 a carga por roda da aeronave crítica e W_2 a carga por roda da aeronave em análise. R_2 seria dado pela equivalência:

$$R_2 = P \times (0.8)^{M-N} \quad (2)$$

em que P é o número de descolagens anuais da aeronave em análise, M o número de rodas do trem principal da aeronave crítica e N o número de rodas do trem principal da aeronave em análise.

Todavia, esta metodologia revelou-se limitada para considerar as ações das aeronaves que a indústria aeronáutica antecipava, mais pesadas e com configurações de trem de aterragem cada vez mais complexas e variadas.

Note-se ainda que é inerente ao conceito de aeronave crítica admitir-se que os trens de aterragem de todo o espetro de tráfego encontram-se à mesma distância do eixo da pista, o que, não sendo exato, poderá suscitar erros significativos.

Garg et al. (2004) reportam que com o surgimento do trem de aterragem em triplo tandem duplo (3D) do Boeing B-777 entendeu-se que devido ao elevado grau de interação entre os carregamentos individuais das rodas, a utilização do método do CBR resultava em espessuras excessivamente elevadas e, conseqüentemente, em soluções muito conservativas.

Neste sentido, o software LEDFAA é lançado no ano de 1995 para servir especificamente a inclusão do Boeing B-777, o qual já integrava um modelo estrutural de multicamadas com comportamento elástico linear desenvolvido pela FAA.

Estas novas gerações de aeronaves, nas quais se inclui, por exemplo, o Airbus A380, motivaram a necessidade de realizarem-se novos ensaios à escala real no National Airport Pavement Test Facility (NAPFT), inaugurado em 1999.

No ano de 2004, e resultado destes novos ensaios, a FAA viabiliza na terceira atualização da Advisory Circular 150/5320-6D que o LEDFAA, na sua versão 1.3, seja usado como um método alternativo de dimensionamento e avaliação estrutural de pavimentos aeroportuários para qualquer tráfego.

O LEDFAA marca uma alteração muito significativa relativamente à filosofia anterior, uma vez que não só substitui os ábacos com curvas de dimensionamento pelo uso de software, mas também substitui o conceito de aeronave crítica pela consideração de todo o espetro de tráfego, onde admite as características individuais dos rodados das aeronaves em relação ao eixo da pista, contribuindo cada uma destas para um fator cumulativo de dano (CDF) segundo a regra de Miner, como ilustra a Figura 2.

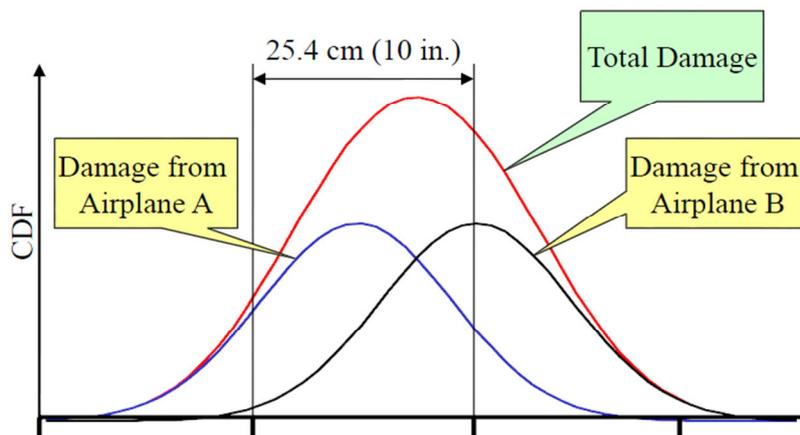


Fig. 2 - Fator cumulativo de dano - CDF (Brill, 2012).

No que concerne aos pavimentos flexíveis, o FAARFIELD introduz relativamente ao LEDFAA 1.3 algumas melhorias internas, nomeadamente na rotina de cálculo dos rácios passagens/recobrimentos (P/C ratios), não modificando, porém, a interface do software, nem o seu funcionamento geral do ponto de vista do utilizador.

A FAA indica que estes softwares produzem resultados compatíveis com as metodologias anteriores para as aeronaves existentes na época, dado que o legado deixado pelos ábacos é tido em conta no ajuste dos mesmos.

Refere ainda que continua a ser requerido um considerável julgamento técnico em toda a metodologia e que os softwares não satisfazem automaticamente todas as exigências e recomendações das Advisory Circulars, pelo que estas devem ser seguidas e usadas de forma conjunta.

PROCEDIMENTO

Face à sua relevância e especificidades distintas em termos de tráfego e estrutura dos pavimentos, os casos de estudo definidos são as pistas dos aeroportos de Lisboa (RWY 03-21) e Faro (RWY 10-28), tendo-se utilizado a informação de Picado-Santos (2014a e 2014b).

Esta análise não compromete em nenhuma circunstância o gestor da infraestrutura, nem a realidade da sua operação, uma vez que existe uma simplificação/adaptação da base de dados necessária ao uso do FAARFIELD.

Por forma a inserir-se os módulos de deformabilidade obtidos em processos de retroanálise de ensaios de carga “in situ” com um defletómetro de impacto (FWD), é necessário adotar-se no software as camadas dos pavimentos como materiais indefinidos (undefined), aos quais o mesmo não permite estabelecer qualquer consideração em relação ao critério de ruína por fadiga das misturas betuminosas, pelo que este é omissivo.

Sublinhe-se, ainda assim, que o critério de ruína por deformação permanente é o mais condicionante na grande maioria dos casos.

ANÁLISE COMPARATIVA

A metodologia empírico-mecanicista habitualmente usada na tecnologia portuguesa (MEM-PT) considera a ação do tráfego admitindo uma aeronave crítica, em conformidade com as anteriores recomendações da FAA, sintetizando-se ainda as restantes diferenças substanciais FAARFIELD / MEM-PT nos pontos seguintes.

Critério de ruína por deformação permanente

A MEM-PT utiliza a formulação proposta por Chou (1982), expressa por:

$$\varepsilon_v = 0.00539 \times N^{-0.14356} \quad (3)$$

em que ε_v é a máxima extensão vertical no topo da fundação e N o número de recobrimentos para a ruína estrutural.

No FAARFIELD o utilizador não tem acesso direto ao estado tensão-deformação calculado, sendo que a mesma relação é dada por:

$$N = \left(\frac{0.004}{\varepsilon_v} \right)^{8.1}, \quad \text{se } N \leq 12100 \quad (4)$$

$$N = \left(\frac{0.002428}{\varepsilon_v} \right)^{14.21}, \quad \text{se } N > 12100 \quad (5)$$

A representação de (3), (4) e (5) encontra-se na Figura 3.

Observa-se que para extensões inferiores a 1125×10^{-6} existe uma diferença muito significativa entre as formulações, onde a abordagem mais conservadora (que permite menos recobrimentos) é a de Chou.

Para valores superiores ao referido, i.e., para uma extensão já elevada no contexto de um pavimento aeroportuário, onde existe a possibilidade de haver uma degradação estrutural assinalável, a abordagem mais conservadora é a do FAARFIELD.

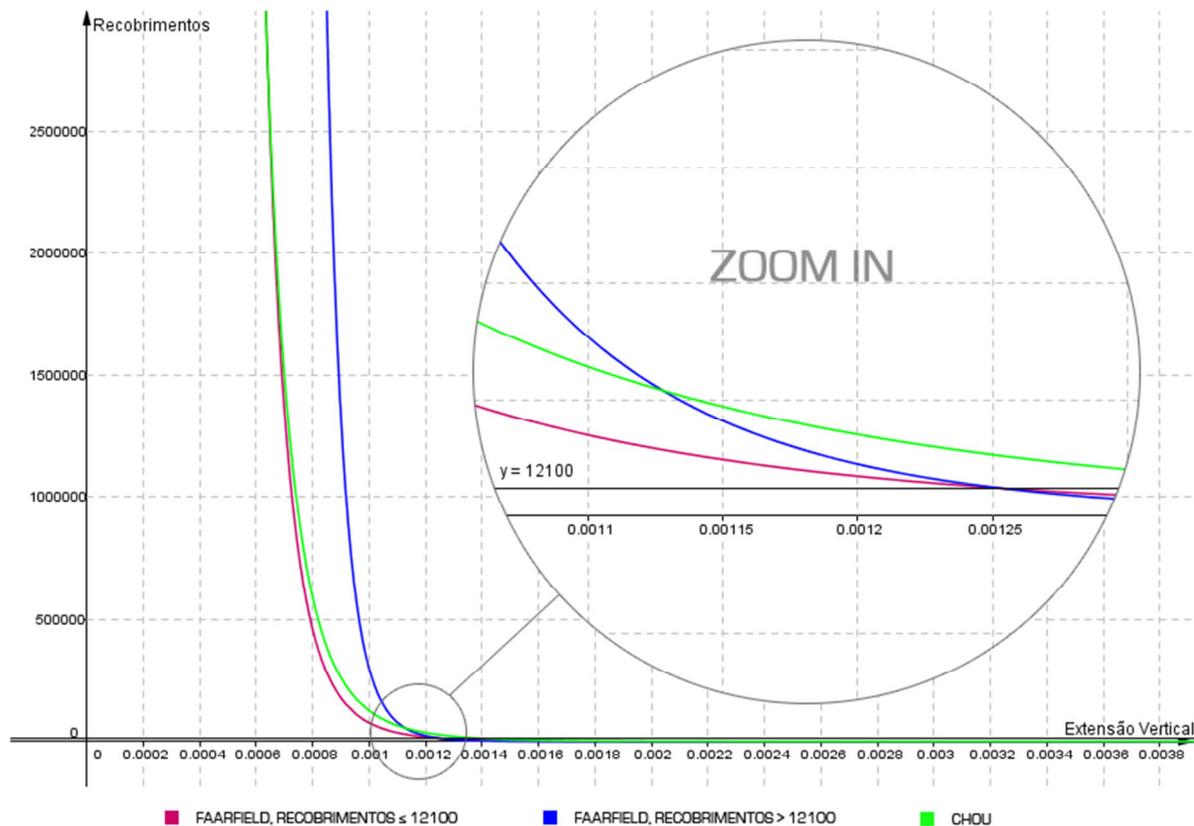


Fig. 3 - Comparação do critério de ruína por deformação permanente entre o FAARFIELD e Chou

Rácios passagens/recobrimentos

A MEM-PT considera a dispersão lateral do carregamento da aeronave crítica através dos P/C ratios da Advisory Circular 150/5335-5A (FAA, 2006), sendo estes observados na superfície dos pavimentos.

No FAARFIELD é estabelecido um novo conceito de largura efetiva do pneu (Figura 4 e 5), no qual o cálculo do P/C ratio de cada aeronave do espetro de tráfego é executado pelo software no topo da fundação do pavimento.

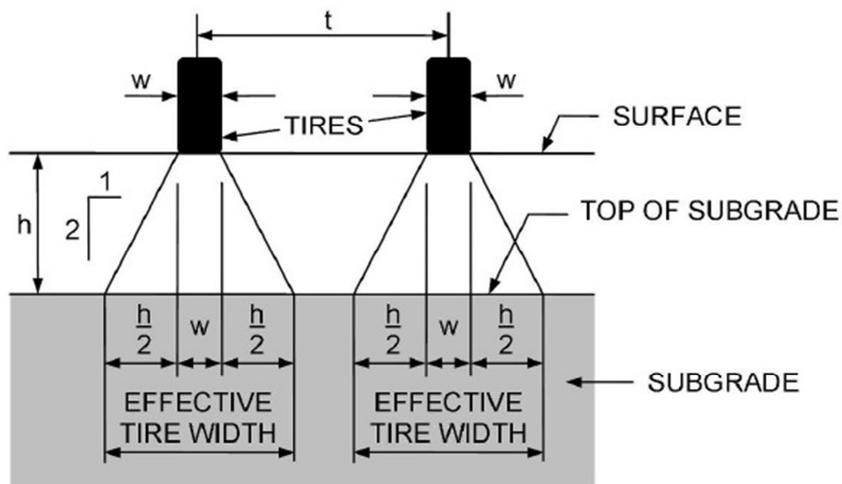


Fig. 4 - Área efetiva do pneu sem sobreposição (FAA, 2009).

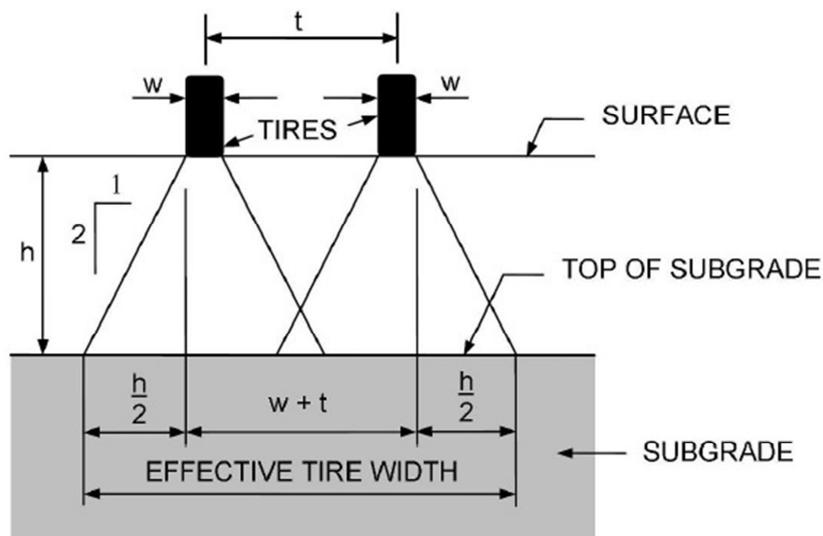


Fig. 5 - Área efetiva do pneu com sobreposição (FAA, 2009).

Em consequência, os valores obtidos são substancialmente inferiores, sendo possível que a passagem de uma aeronave origine mais do que um recobrimento.

Um P/C ratio inferior é mais gravoso para o pavimento, uma vez que aumenta o número de recobrimentos aplicados.

RESULTADOS

Na tabela 1 e 2 apresentam-se os resultados obtidos para os casos de estudo.

Tabela 1 - Vida residual da fundação para a RWY 03-21 do aeroporto de Lisboa.

Metodologia	Zona 1· (anos)	Zona 2· (anos)	Zona 3· (anos)
MEM-PT (2012)	>> 20	>> 20	> 20
FAARFIELD (2012)	703.3	155.0	29.3
FAARFIELD (2013)	648.0	141.6	26.3

Tabela 2 - Vida residual da fundação para a RWY 10-28 do aeroporto de Faro.

Metodologia	Zona 1· (anos)	Zona 2· (anos)
MEM-PT (2012)	6	5
FAARFIELD (2012)	1.2	0.9
FAARFIELD (2013)	1.0	0.8

A RWY 03-21 do aeroporto de Lisboa revelou uma excelente qualidade estrutural do pavimento, sendo notória, ainda assim, uma redução da mesma no sentido da cabeceira 03 para a cabeceira 21, a qual foi acompanhada por ambas as metodologias.

No sentido oposto, a RWY 10-28 do aeroporto de Faro mostrou um pavimento no fim da sua vida útil, e, embora o FAARFIELD seja mais penalizador, entende-se que ambas as metodologias indicam a presença de atuação.

CONCLUSÕES

Em relação à metodologia empírico-mecanicista habitualmente usada na tecnologia portuguesa (MEM-PT), os resultados do FAARFIELD são mais conservadores quando os pavimentos encontram-se no limite da sua capacidade de serviço e alinham-se razoavelmente bem quando os pavimentos são novos ou apresentam uma capacidade de carga ainda significativa.

O FAARFIELD possibilita a obtenção de resultados rápidos, verificando-se que embora seja mais detalhado, é menos controlável na forma como considera a informação.

A principal limitação do software é a reduzida correspondência entre os materiais disponíveis, com módulos de deformabilidade automáticos e globalmente inalteráveis, e os materiais de pavimentação usados em Portugal.

Esta situação pode ser ultrapassada ao considerar-se materiais indefinidos (undefined) e realizando-se o dimensionamento e avaliação estrutural à deformação permanente.

Existem ainda outras limitações de menor relevância, designadamente: (i) espectro de tráfego com um máximo de 40 aeronaves; (ii) não permite interfaces de descolagem entre camadas; (iii) não permite alterações ao coeficiente de Poisson das camadas; (iv) ausência na biblioteca interna de aeronaves do fabricante Embraer.

REFERÊNCIAS

[1]-Brill, D. R., “FAARFIELD 1.3: Software Overview”. IX ALACPA, 2012.

[2]-Chou, Y. T., “Structural Behaviour of Flexible Airfield Pavements”. Proceedings of International Symposium on Bearing Capacity of Roads and Airfields, 1982.

[3]-Federal Aviation Administration, “Airport Pavement Design and Evaluation”. Advisory Circular 150/5320-6D, U.S. Department of Transportation, 1995.

[4]-Federal Aviation Administration, “Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength - PCN”. Advisory Circular 150/5335-5A, U.S. Department of Transportation, 2006.

[5]-Federal Aviation Administration, “Airport Pavement Design and Evaluation”. Advisory Circular 150/5320-6E, U.S. Department of Transportation, 2009.

[6]-Garg, N., Guo, E., McQueen, R., “Operational Life of Airport Pavements”. DOT/FAA/AR-04/46, U.S. Department of Transportation, 2004.

[7]-Taboza-Pereira, A., “Procedures for Development of CBR Design Curves”. Instruction Report S-77-1, U.S. Army Corps of Engineers, 1977.

[8]-Picado-Santos, L., “Aeroporto de Lisboa: Relatório Interno da Campanha de Ensaios dos Pavimentos - Fase III”. Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, 2014 (a).

[9]-Picado-Santos, L., “Aeroporto de Faro: Relatório Interno da Campanha de Ensaios dos Pavimentos - Fase III”. Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, 2014 (b).

ARTIGO REF: 6741

DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GESTÃO DE PAVIMENTOS AEROPORTUÁRIOS

César Abreu^{1(*)}, Luís Picado-Santos²

¹ACIV, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal

²Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

(*)*Email*: cfcabreu@uc.pt

RESUMO

O principal objetivo do gestor de um aeroporto, ou rede de aeroportos, é fornecer aos seus clientes o melhor nível de serviço possível associado a um elevado padrão de segurança. O facto de a atividade aeroportuária estar cada vez mais exposta a uma elevada concorrência internacional, leva a que o cumprimento destes dois objetivos tenha que ser realizado da forma mais económica e eficiente possível. É na resolução deste problema que um Sistema de Gestão de Pavimentos Aeroportuários (SGPA) tem um papel crucial auxiliando o gestor na decisão de quando e como deverá intervir na sua rede. Foi neste contexto que foi implementado um SGPA desenvolvido à medida das necessidades do gestor da rede de aeroportos internacionais portugueses. A solução desenvolvida permite ao gestor otimizar a aplicação dos recursos disponíveis, minimizando ao mesmo tempo as interferências com o normal funcionamento da infraestrutura.

De acordo com os requisitos do gestor a solução implementada além de apresentar uma estrutura modular, que permite uma fácil adequação a futuras necessidades e/ou requisitos, tem um funcionamento integralmente web-based, permitindo um fácil e rápido acesso à informação disponível. A aplicação foi desenvolvida sobre um sistema de informação geográfica (SIG) possibilitando uma conveniente leitura sobre planta de toda a informação.

Paralelamente ao desenvolvimento do SGPA, e de modo a completar o conhecimento existente, foi realizada ao longo de três anos uma extensa caracterização dos pavimentos dos vários aeroportos que compõem a rede. Esta caracterização, que iniciou-se pela consulta de toda a documentação histórica, compreendeu a realização de ensaios de caracterização estrutural com recurso a defletómetro de impacto super pesado (SHFWD). A informação recolhida com recurso ao SHFWD foi complementada com os dados provenientes das campanhas de prospeção e de ensaios de laboratório. O conjunto de informações recolhidas permitiu uma correta caracterização mecânica dos pavimentos.

A determinação das características de superfície dos pavimentos das áreas operacionais foi realizada com recurso a equipamento laser do tipo multifunções (Perfilómetro + Texturómetro Laser). De conjunto de parâmetros obtidos destacam-se o IRI (International Roughness Index), textura ETD (Estimated Texture Depth) e desvio à régua de três metros. (Backer & Debroux & Freneat & Kannemeyer & Linder & Otomo & Russel & Picado-Santos & Tazaki & Thomassen & Zarghampour, 2008).

O trabalho de caracterização dos pavimentos foi complementado com os dados provenientes das três campanhas de inspeção visual realizada de acordo com norma ASTM D5340. Para o desenvolvimento deste trabalho foi desenvolvida uma ferramenta informática específica. Toda a informação recolhida através deste interface encontra-se devidamente georreferenciada e pronta a ser carregada na base de dados (DB).

Do ponto de vista estrutural o SPGA desenvolvido divide-se em cinco módulos. O primeiro, *Administração*, permite a gestão dos parâmetros estruturais do SGPA, adição de novas infraestruturas e gestão de utilizadores. O segundo módulo, *Importação*, possibilita a edição de todas as informações geográficas associadas aos aeroportos, bem como a importação de toda a informação para a DB. O terceiro módulo, *Consulta*, possibilita aos utilizadores o acesso aos dados previamente carregados na DB, estes compreendem informações relativas à caracterização dos pavimentos, dados de tráfego e características das aeronaves. Toda esta informação pode ser consultada, na forma numérica ou representada graficamente em planta. Os dois módulos finais, *Gestão* e *Avaliação*, permitem ao utilizador gerir os diversos parâmetros a considerar nos diferentes cenários a serem testados pelo módulo de avaliação. Para cada um destes cenários, que podem diferir ao nível das evoluções de tráfego, níveis de qualidade e evolução do cenário macroeconómico, o modelo de desempenho desenvolvido determina o conjunto de intervenções necessárias ao cumprimento do estabelecido.

O modelo de apoio à decisão contido no módulo de *Avaliação* utiliza um modelo determinístico na previsão da evolução estrutural do pavimento. Na determinação da melhor estratégia de investimento, para a obtenção dos índices de qualidade pretendidos pelo gestor, o modelo utiliza as informações estruturais e funcionais previamente carregadas na base de dados. Neste processo de otimização, que pode ser realizado para diferentes períodos de planeamento, são consideradas restrições qualitativas, medidas em anos de vida residual remanescente, e financeiras [Ferreira & Picado-Santos & Wu & Flintsch, 2011].

Em resposta à elevada diversidade de volumes e tipologia de tráfego foi necessário realizar a calibração de três redes neuronais associadas a aviões críticos distintos. Estas redes são utilizadas pelo modelo de decisão na determinação da melhor estratégia de intervenção. Além das restrições de qualidade e informações estruturais e funcionais, o modelo considera também as previsões de evolução do tráfego e um conjunto de possíveis intervenções. Este conjunto de intervenções foi selecionado com base prática e experiência portuguesa [Capitão & Picado-Santos & Martinho, 2012] e do gestor. Como resultado deste processo de otimização é gerado automaticamente um relatório contendo o plano de investimento, desagregado por ano, durante todo o período de planeamento. Este relatório apresenta também a previsão do estado de conservação final do pavimento e a previsão orçamental para cada uma das intervenções. Os resultados, expressos em anos de vida residual, são representados em planta de forma a facilitar a leitura da informação.

No final do processo de desenvolvimento e implementação do SGPA o gestor da rede ficou munido de uma ferramenta que permite uma melhoria significativa no processo de decisão das intervenções a implementar além de um ganho de eficiência na utilização dos recursos humanos, materiais e financeiros disponíveis.

REFERÊNCIAS

- [1]-Backer, P. *et al.*, “Integration of Performance Indicators”. PIARC TC 4.1.2, report 2008R06, Paris, 2008.
- [2]-Capitão, S. & Picado-Santos, L. & Martinho, F., "Pavement engineering materials: Review on the use of warm-mix asphalt". *Construction and Building Materials*, 36, 2012, 1016-1024. [ISI-WoS] DOI:10.1016/j.conbuildmat.2012.06.038, 2012.
- [3]-Ferreira, A. & Picado-Santos, L. & Wu, Z. & Flintsch, G., “Selection of pavement performance models for use in the Portuguese PMS”. *International Journal of Pavement Engineering*, Vol. 12 (1), pp. 87-97 [ISI-WoS] DOI:10.1080/10298436.2010.506538, 2011.

ARTIGO REF: 6742

MISTURAS BETUMINOSAS TEMPERADAS: UMA SOLUÇÃO ADEQUADA PARA PAVIMENTOS EM ZONAS REMOTAS

Fernando Martinho^{1(*)}, Luís Picado Santos², Silvino Capitão³

¹Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa - Depart. de Eng^a Química - Lisboa, Portugal

²Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa - Depart. de Eng^a Civil, Arq. e Georrec. - Lisboa, Portugal

³Instituto Polit. de Coimbra, Inst. Superior de Eng^a de Coimbra e CESUR/CERIS, IST, Univ. de Lisboa, Portugal

(*)*Email*: fernando.martinho@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

O fabrico de misturas betuminosas tem vindo a beneficiar, ao longo das últimas décadas, da introdução de melhorias significativas no sentido de se conseguir maior conformidade nos vários processos associados, essencialmente, em aspetos técnicos, ambientais e económicos. [Martinho *et al.*, 2017]. As misturas betuminosas temperadas são promissoras porque permitem melhorias em alguns desses aspetos, nomeadamente, na redução das temperaturas de produção e compactação.

Este tipo de misturas começou a ser desenvolvido nos EUA na década de 50 do século XX, procurando-se a redução do consumo energético, tendo recorrido a técnicas de fabrico com espuma de betume (resultante da injeção de vapor de água no betume quente). Mais tarde, a sua utilização foi implementada em vários países da América, da Austrália e da Europa [Martinho, 2014]. Entretanto, outros objetivos foram acrescentados e conseguidos, como por exemplo, a redução na libertação de gases, a possibilidade de transportar as misturas a maiores distâncias e a tendência para ter maior trabalhabilidade num espectro mais amplo de condições climáticas do que as misturas convencionais.

Na prática, para baixar a temperatura de fabrico, é apenas necessário incluir um aditivo ou utilizar um processo que origine formação de espuma de betume. Atualmente, existem diversas formas de conseguir essa redução de temperaturas, implicando algumas delas a modificação (temporária ou permanente) das propriedades do betume utilizado na produção da mistura. Em alguns dos tipos de processos, ou aditivos, a ligação betume-agregado é, ainda, ajustada quimicamente [Capitão *et al.*, 2012].

No contexto da realidade no continente africano, em que as misturas betuminosas são, em muitos casos, aplicadas em zonas afastadas das origens dos materiais, ou obrigam a várias deslocamentos das centrais de fabrico, é fundamental que as misturas possam ser transportadas durante mais tempo e que a sua aplicação seja feita nas melhores condições. Pelo que já se conhece das misturas betuminosas temperadas, julga-se que estas, também, são muito indicadas para aplicação neste tipo de geografias e não só nos países mais frios.

Neste trabalho, apresentam-se os resultados obtidos em duas misturas temperadas que podem ser aplicadas em camadas de base/regularização (AC 20 base/bin 35/50) e é feita a sua comparação com os obtidos numa mistura tradicional (fabricada a quente), todas produzidas com o mesmo tipo de agregados. As misturas temperadas foram fabricadas a 120 °C e a sua compactação foi feita a 100 °C.

As composições das 3 misturas betuminosas foram estudadas tendo em conta as propriedades apresentadas por cada um dos materiais usados e os objetivos pretendidos para as mesmas. Na Tabela 1 estão identificados os materiais e as características das composições estudadas.

Tabela 1 - Materiais usados e características das 3 misturas, moldadas em laboratório.

Misturas		Aditivos	Baridade kg/m ³	VMA %	Porosid. média %	Ensaio Marshall		ITSR %
Ref ^a	Tipo					Deform. mm	Estabil. kN	
M01	Temperada	Rediset	2 256	15,4	5,5	3,3	6,6	94,2
M02	Temperada	Viatop CT40	2 270	16,1	6,2	3,6	6,3	98,9
M03	Quente	-	2 357	14,2	3,9	3,2	14,4	93,1

Natureza dos agregados usados: calcária; Tipo de betume: 35/50.

Para comparação da valia técnica das 3 misturas foram realizados ensaios de avaliação do seu desempenho mecânico. Foram avaliadas as resistências à deformação permanente (através do ensaio *wheel tracking*) e à fadiga (em ensaios de flexão em 4 pontos) e foram determinados os módulos de rigidez e os respetivos ângulos de fase, para várias frequências de aplicação da carga. Os resultados obtidos nos referidos ensaios estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados médios obtidos nos ensaios de desempenho das 3 misturas, aplicadas em obra.

Misturas		Ensaio <i>wheel tracking</i> (¹)			Freq. de aplic. da carga (²) / mód. de rigidez / âng. fase				Resist. à fadiga (³)		
Ref ^a	Tipo	RD m m	PRD %	WTS mm/10 ³ c.	3 Hz MPa / °	5 Hz MPa / °	10 Hz MPa / °	20 Hz MPa / °	<i>a</i>	<i>b</i>	ε_6 µm/m
M01	Temperada	3,97	6,71	0,228	3703,1 30,3	4355,4 28,0	5272,9 23,2	6255,7 16,7	2774,3	-0,220	133
M02	Temperada	1,85	3,04	0,055	3954,2 28,4	4600,1 26,7	5539,6 22,0	6559,8 15,8	2904,2	-0,227	126
M03	Quente	4,09	6,58	0,248	3217,3 23,7	3688,6 23,7	4346,5 19,9	5135,3 15,0	2120,2	-0,198	138

(1) Ao ar @ 50°C; (2) @ 20°C & 50 µm/m; (3) *a* e *b* são os parâmetros da reta que representa a lei de fadiga ($\varepsilon = a \times N^b$) e ε_6 é a microextensão para 1 milhão de ciclos.

Da análise dos resultados expostos na Tabela 2 pode inferir-se que as misturas temperadas (M01 e M02) apresentam comportamentos em linha com o da mistura a quente convencional (M03) e, portanto, não têm qualquer desvantagem orgânica e de desempenho quando usadas no lugar das convencionais, tendo a vantagem de permitirem um transporte mais longo porque podem ser compactadas a temperaturas muito mais baixas que as convencionais.

REFERÊNCIAS

- [1]-Martinho, F.; Picado-Santos, L. & Capitão, S. Mechanical properties of warm-mix asphalt concrete containing different additives and recycled asphalt as constituents applied in real production conditions. *Construction and Building Materials*, 131. Elsevier Ltd. (2017) 78-89. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.11.051>.
- [2]-Martinho, F. Misturas Betuminosas Temperadas com Incorporação de Subprodutos Industriais - Caracterização e Validação Tecnológica. [Tese de Doutoramento]. Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa (2014) 1-348.
- [3]-Capitão, S.; Picado-Santos, L. & Martinho, F. Pavement engineering materials: Review on the use of warm-mix asphalt. *Construction and Building Materials*, 36. Elsevier Ltd. (2012) 1016-1024. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.06.038>.

ARTIGO REF: 6823

SINALIZAÇÃO LUMINOSA INTELIGENTE

Cristina Vilarinho^{1(*)}, José Pedro Tavares¹, Rosaldo J. F. Rossetti²

¹Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, Depart. Eng^a Civil, CITTA, Porto, Portugal

²Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, Depart. Eng^a Informática, LIACC, Porto, Portugal

(*)*Email: cvilarinho@fe.up.pt*

RESUMO

Nas últimas décadas, a frota de transporte individual tem crescido de modo impetuoso nas áreas urbanas de todo o mundo, trazendo sérios problemas de congestionamento para as grandes cidades, afetando-as tanto a nível social, económico e ambiental. Como os vários modos de transporte (peão, autocarro, bicicleta, automóveis) compartilham o mesmo espaço o problema do congestionamento agrava-se, sendo no entanto de realçar que os sistemas multimodais são essenciais para a sustentabilidade das cidades.

O ritmo de crescimento da procura tem sido superior à evolução da oferta de novas vias de comunicação assim como ao aparecimento de novas tecnologias de transporte, este problema continuará a aumentar a menos que seja implementada uma estratégia eficiente de gestão do tráfego. Se o sistema de controlo de sinais luminosos for ineficiente, isto é, sem uma estratégia na resolução dos conflitos resultantes da partilha do espaço, a própria sinalização luminosa pode ser a responsável pelo aumento de problemas de mobilidade. Tradicionalmente, estes sistemas tem como objetivo minimizar os atrasos totais dos veículos, ignorando assim a importância da mobilidade de pessoas em redes servidas por múltiplos modos de transporte. Além disso, a otimização baseada apenas nos veículos pode levar ao tratamento injusto de veículos com maior ocupação e respetivos passageiros, o que contraria as estratégias de gestão mais recentes que procuram incentivar a maior ocupação dos veículos como forma de diminuir o número de veículos em circulação.

Este trabalho apresenta uma estratégia de controlo de sinais luminosos baseada nas pessoas com aplicação em intersecções isoladas. O controlo de sinais luminosos foi desenhado de acordo com a arquitetura de um sistema multiagente (Vilarinho, Tavares & Rossetti, 2016). A estratégia inclui simultaneamente o desenho das fases do plano de regulação (Vilarinho & Tavares, 2014) e a afetação do tempo de verde às fases. O planeamento e operação da sinalização luminosa utilizam informação em tempo real do estado de tráfego da rede viária. Manter os parâmetros dos sinais luminosos atualizados com o estado real do tráfego da rede viária é dos tópicos mais importantes neste tema. De modo a atualizar o plano de controlo de tráfego, este desafio foi enquadrado como um problema de alocação eficiente de um recurso disponível (período verde) aos consumidores (sinalização luminosa). Para isso foi desenvolvido um processo de negociação de modo a decidir quem obtém o direito de usar os recursos, com base em um processo de leilão. Cada corrente de tráfego participa individualmente neste leilão para obter o direito de conseguir uma certa quantidade de recurso disponível. O sistema de controlo da intersecção luminosa funciona como um mediador entre as correntes de tráfego com objetivos opostos, isto é, movimentos incompatíveis. Se a decisão é terminar o tempo de verde da fase atual, o tempo de verde pode ser atribuído a qualquer outra fase presente no plano de regulação selecionado. A fase selecionada é aquela que dá maior contribuição positiva para o desempenho da intersecção. A decisão de atribuir o tempo

de verde à fase, tem como objetivo minimizar o atraso total das pessoas presentes na interseção e, conseqüentemente, atribui prioridade aos veículos com maior ocupação de passageiros e tem em conta os peões, que muitas vezes esquecidos pelos sistemas de gestão de tráfego. Numa perspectiva de gestão da sociedade, deve ser mais importante e valioso minimizar os atrasos das "pessoas" ou outra qualquer medida baseada no indivíduo, em vez de se centrar nos indicadores de desempenhos dos veículos.

Em relação ao estado da arte, os trabalhos mais relevantes desenvolvidos no âmbito da negociação em sistemas multiagente, no controlo de sinalização luminosa, são: Dresner & Stone (2005) (2009), Vasirani & Ossowski (2009) (2011) e Schepperle & Bohm (2008). Em todos estes trabalhos, o veículo (condutor) é equiparado a um agente, que participa no leilão. No trabalho presente, cada corrente de tráfego da intersecção é equiparada a agente e participa no leilão.

O algoritmo resultante foi codificado em Java e inserido no TraSM API para conectar dinamicamente o algoritmo à API do simulador de tráfego microscópico Aimsun (Aimsun, 2011), permitindo uma mudança automática das configurações dos sinais luminosos de uma intersecção isolada. Para demonstrar o método proposto foi modelado uma intersecção real de quatro ramos com uma procura variável.

Este trabalho contribui para o desenvolvimento de uma nova estratégia de controlo de sinais de luminosos que rompe com os conceitos tradicionais de controlo de tráfego, tais como: duração do ciclo, período verde máximo e sequência fixa de fase. Os resultados revelam que o sistema de controlo proposto reduz o atraso total da pessoa na intersecção e efetivamente fornece prioridade aos veículos com maior ocupação. A estrutura do sistema proposto é flexível e tem a capacidade para adaptar as decisões do controlo de tráfego às previsões e reagir a eventos de tráfego inesperados.

REFERÊNCIAS

- [1]-Aimsun 2011. Aimsun 7 Users' Manual. In: Systems, T.T.S. (ed.) 7 ed. Barcelona, Spain.
- [2]-Dresner, K. Autonomous Intersection Management. PhD Thesis, 2005, Univ. of Texas.
- [3]-Dresner, K. & Stone, P. Multiagent traffic management: an improved intersection control mechanism. In: Dignum, F. *et al.*, ed. The 4th International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems, 2005 Netherlands. New York: ACM Press, 471-477.
- [4]-Schepperle, H. & Bohm, K. Auction-Based Traffic Management: Towards Effective Concurrent Utilization of Road Intersections. Ieee Joint Conference on E-Commerce Technology (Cec'08) and Enterprise Computing, E-Commerce and E-Services (Eee'08), July 21-24 2008. 105-112.
- [5]-Vasirani, M. & Ossowski, S. 2009. A market-inspired approach to reservation-based urban road traffic management. Proceedings of 8th International Conference on AAMS, 2009 2009. International Foundation for AAMS, 617-624.
- [6]-Vasirani, M. & Ossowski, S. 2011. A computational market for distributed control of urban road traffic systems. Intelligent Transportation Systems, IEEE Trans. V 12, 313-321.
- [7]-Vilarinho, C. & Tavares, J. P. 2014. Real-time traffic signal settings at an isolated signal control intersection Transportation Research Procedia (TRPRO264), 1021-1030.
- [8]-Vilarinho, C., Tavares, J.P. and Rossetti, R. F.J., Design of a Multiagent System for Real-Time Traffic Control, in IEEE Intelligent Systems, vol. 31, no. 4, pp. 68-80, July-Aug. 2016. doi: 10.1109/MIS.2016.66.

ARTIGO REF: 6829

MOBILIDADE URBANA: RASTREIO EM MAPUTO E MATOLA

Silva J. Magaia^(*)

Universidade Eduardo Mondlane, Departamento de Engenharia Civil, Maputo, Moçambique

^(*)*Email:* magaiasv@tvcabo.co.mz

RESUMO

No último ano do Século passado, um artista plástico e dois engenheiros civis, todos Moçambicanos mas de gerações distintas, inspirados na poesia de José Craveirinha e guiados pelo instinto do mais jovem na equipa, introduziram uma tese segundo a qual no futuro seria forçoso separar o tráfego rodoviário e a vida. Em particular o jovem engenheiro defendia que nesse amanhã a concepção e construção de estradas deviam seguir os mesmos princípios que norteiam a aviação e o transporte ferroviário.

Na altura o conceito de Mobilidade ainda era localmente pouco conhecido e estando em pleno final do Milénio, os autores da comunicação estavam convencidos que as suas projecções tinham em vista um horizonte muito distante, razão pela qual decidiram intitular o trabalho por “Prospectivas das Vias Urbanas e Rurais [Mankeu, Magaia & Brito, 1999]. Mal sabiam que em menos de duas décadas as suas percepções sobre a eternidade e a urgência de mudanças neste campo do conhecimento estariam confirmadas por factos.

Se no campo a convivência entre as vias e a natureza, que inclui os seres vivos, é pacífica e até desejável, com a rápida urbanização que se assiste no presente, nas zonas urbanas a estrada e a vida começam a mostrar-se fortemente antagónicas. Para melhor enquadramento, vale a pena transcrever dois parágrafos da tese acima citada:

“Hoje o tráfego urbano significa desordem e confusão. A circulação no amanhã será organizada e harmoniosa: trânsito separado para peões, ciclistas, veículos ligeiros, semipesados e pesados. Estacionamento fora das pistas de circulação. Estradas a diversos níveis com espaços intermédios ocupados por unidades de trabalho e de lazer.

Na inconstância do futuro as coisas mudam rápida e drasticamente. Nestas condições o homem apenas tem uma alternativa: procurar apoios eternos! Entre eles destaca-se a cultura.”

Fascinados por esta percepção, os autores do estudo não hesitaram em recomendar a construção de estradas aéreas diferenciadas por tipo de tráfego como solução para os congestionamentos. Defendiam ainda que com esta solução as áreas livres na parte inferior das vias aéreas seriam facilmente aproveitadas para todo o género de edifícios, incluindo de habitação.

Tal como está a acontecer a nível global, com o tempo Moçambique vai-se tornando um país cada vez mais democrático e urbanizado. Cresce a população, sobretudo nas cidades, e alarga-se o acesso dos chamados nativos às facilidades urbanas. Em contrapartida começa a escassear a terra, como resultado do rápido crescimento dos assentamentos informais na periferia. Assim aumentam as distâncias entre o lar e o local de trabalho. Com a facilidade de compra e importação de viaturas usadas, aumentou drasticamente o número de veículos que se fazem às estradas, na maior parte dos casos transportando um único ocupante. Agrava-se a desordem, aumentam os congestionamentos, reduzem as velocidades de circulação

recomendáveis, agravando a poluição atmosférica, o *stress* e as doenças associadas. Na pressa dalguns, aumenta a frequência e a gravidade dos acidentes, perdem-se recursos e população activa, e baixa consequentemente a produtividade. No final das contas, perde a economia nacional. Perdemos todos. Não há planificação nem orçamento capazes de resistir a tamanha informalidade.

Neste trabalho procede-se ao rastreio, através da simples introdução de dados actualizados, da tendência de degradação na relação entre o crescimento populacional e o aumento do parque automóvel na região de Maputo e Matola, partindo das constatações dum estudo realizado em 2012 com base nas estatísticas do INE e nos registos do INATTER. A análise continua a sugerir que ao contrário de resolver o problema dos congestionamentos, na falta de serviços de transporte público fiáveis, o aumento e a melhoria da rede viária local só favorecem as soluções individualizadas nas deslocações entre a casa e o trabalho, resultando em enormes filas de automóveis nas estradas.

A figura 1 ilustra o rácio anual entre o crescimento da população de Maputo e Matola e o número de viaturas ligeiras que entram no parque automóvel desta mesma região. No gráfico é notável o efeito da recessão económica registada em 2015, à semelhança do que já havia acontecido há cerca de 10 anos atrás, portanto uma situação que pode ser considerada normal, pontual, cíclica, e passageira.

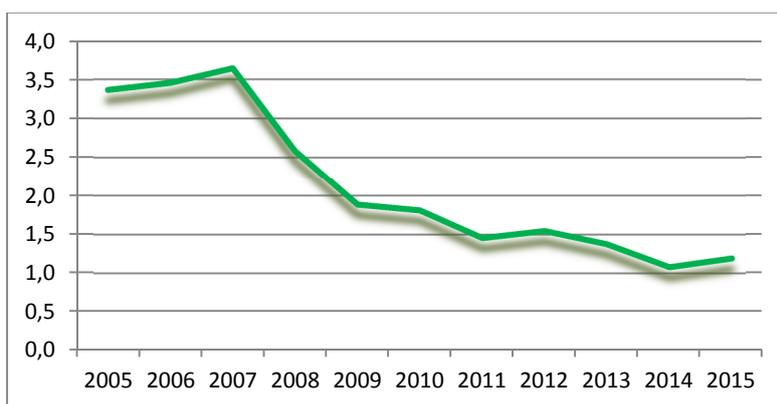


Fig. 1 - Rácio do crescimento anual da população por aumento de viaturas ligeiras.

Mesmo reconhecendo que boa parte das viaturas registadas em Maputo e Matola é imediatamente transferida para outros pontos do país, está claro que a manter-se esta tendência, nos próximos anos por cada novo cidadão na população de Maputo e Matola entrará mais do que uma viatura no parque automóvel, situação inaceitável e insustentável numa economia tão fragilizada como a nossa.

Como é apanágio neste tipo de dissertações, o presente estudo não se cingiu às constatações mas avança algumas hipóteses de solução, particularmente encorajando o estado a investir mais em soluções inovadoras e menos na ampliação de vias ou na construção de novas infraestruturas. Sugere-se também que, pela sua especificidade, a Mobilidade passe a ser assunto sob a alçada do sector de Transportes e não do sector de Obras Públicas, sob pena de os investimentos neste domínio continuarem a ser direccionados para intervenções puramente materiais e com efeitos puramente cosméticos.

REFERÊNCIAS

[1]-Mankeu; Magaia, Silva Jacinto & Brito, Joao Eduardo Lemos, *Prospectivas das Vias Urbanas e Rurais, Proceedings do 1º CLME, (1999) G81- G95.*

ARTIGO REF: 6881

AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DO PAVIMENTO DO AEROPORTO DE MAPUTO EM REABILITAÇÃO COM AUXÍLIO DA TEORIA DA VISCOELASTICIDADE E DETERMINAÇÃO DO PCN DO PAVIMENTO A DIVULGAR NO AIP

Jose Francisco Rufino Diogo^{1(*)}, Acácio Tuendue¹, Naguy Faquirá²

¹Aeroportos de Moçambique, Maputo, Moçambique

²ISUTC, Caixa Postal 2088, Maputo, Moçambique

(*)*Email*: Jose.diogo@aeroportos.co.mz

RESUMO

Este artigo apresenta avaliação estrutural do pavimento da pista principal 05-23 do Aeroporto Internacional de Maputo cujas obras fizeram parte do projecto de reabilitação e melhoramentos de Infraestruturas do lado ar deste aeroporto que tiveram o início em 2015 e terminaram no final do ano de 2016. Fizeram ainda parte do projecto, as obras da pista secundária 10-28, os caminhos de circulação e plataformas de estacionamentos de aeronaves, cujo objectivo visou manter os padrões indicados nos regulamentos Aviação Civil Internacional (ICAO) e boas práticas internacionais.

No presente estudo são efectuadas a verificação da capacidade estrutural do pavimento seguindo a metodologia da ICAO e a análise dos ACN (Aircraft classification Number) de aeronaves que operam no Aeroporto bem como a determinação de PCN (Pavement Classification Number) dos novos pavimentos com auxílio do programa COMFA da FAA (Federal Aviation Administration).

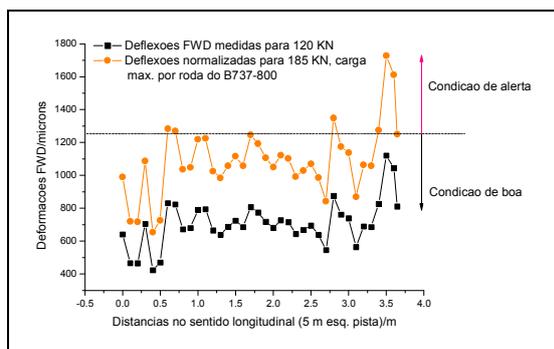
Para análise das respostas dos pavimentos são apresentados 2 modelos, o linear elástico (M-LE) que assume todas as múltiplas camadas de pavimento são linear elásticas e o viscoelástico (M-VE), que assume a camada superficial de asfalto como viscoelástica e as restantes camadas do pavimento são lineares elásticas. Para o efeito, o Programa EVERCAL foi usado para retroanálise dos módulos de elasticidade das camadas de pavimento da estrutura existente a partir das deflexões obtidas em testes FWD (Falling Weight Deflectometer) medidas no terreno. Os autores serviram-se do programa KENLAYER para simulação dos pavimentos. Para o caso do modelo viscoelástico, a temperatura de pavimento foi outro dado de entrada no programa.

Tabela 1 - Parâmetros para o dimensionamento e avaliação do pavimento (*)

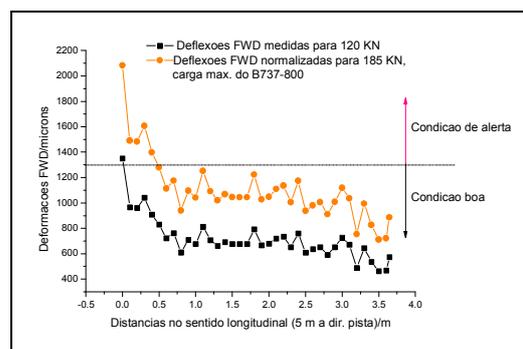
Camadas	Módulo de elasticidade, E (Mpa)	Coefficiente de Poisson, μ	Espessura (cm)
Camada de betão betuminoso	2,428	0.35	20
Base de macadame	302	0.4	24.5
Subbase tratada com cimento (CBR > 30)	189	0.45	22.5
Fundação (CBR > 15)	170	0.45	∞

*Royal HaskoningDHV, 2013

Os resultados computacionais do estudo do pavimento do Aeroporto de Maputo, revelou que o efeito de temperatura contribuiu para o aumento de deformação permanente no modelo viscoelástico e o modelo linear elástico que não considerou a temperatura de pavimento, apresentou deformações mais baixas. Os resultados do estudo mostram também que é importante considerar sempre o efeito de temperatura nos asfálticos, e principalmente para regiões de climas quentes ou áreas que observam temperaturas altas.



(c) 5 m a esquerda da pista



(c) 5 metros a direita da pista

Fig 1: Assentamentos medidos pelo equipamento FWD ao longo da pista 05-23

REFERÊNCIAS

- [1]-De Beer, M., Van Der Merwe., Rohde, G.T. Rehabilitation Design of Flexible Pavements in South Africa. Pretoria: Division of Roads and Transport Technology, CSIR, September, Pretoria, 1997.
- [2]-Diogo, J. Asphalt Pavement Design Methodologies Used In Mozambique and in China. Southwest Jiaotong University, Pavement Thesis, Chengdu, 2007.
- [3]-Diogo, J., Lu, Y., and Hua, Z. Evaluation and Structural Analysis for Maputo Airport Pavement. Journal of Southwest Jiaotong University, Chengdu, 15(2): 126-130, 2007.
- [4]-Diogo, J., Shubber, A.A.M., Enhui, Yang, L. The effect of Visco-Elastoplastic Behavior of Asphalt On Thin Asphalt Pavement. ASCE, pp.2258-2265, 2009.
- [5]-Diogo, J. and Seara, C. Structural Evaluation by FWD Testing for Luanda Airport Pavement. International Conference on Transportation Engineering, ICTE: pp. 4273-4278, 2009.
- [6]-International Civil Aviation Organization (ICAO). Aerodrome Design Manual, Part 3 - Pavements. 2nd ed., Montreal, 1983.
- [7]-Naco, B.V. Consulting services for design and supervision of rehabilitation and Improvements of maputo international airport airside facilities - Preliminary analysis and design report, 2013.

ARTIGO REF: 6887

MÉTODOS DE IDENTIFICAÇÃO DE ZONAS DE ACUMULAÇÃO DE ACIDENTES

Sara Ferreira^(*), António Couto, José Pedro Tavares

Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, Portugal

^(*)Email: sara@fe.up.pt

RESUMO

A identificação e tratamento de zonas de acumulação de acidentes (ZAA), vulgarmente designada de ponto negro (“*hot spots*” na terminologia inglesa), é um passo reconhecido por técnicos especialistas bem como investigadores da área como fundamental para melhorar o desempenho de uma rede viária em termos de segurança [Cheng & Washington, 2008].

Recentemente, o documento designado de *Highway Safety Manual* (HSM) [AASHTO, 2010] compilou alguns desses métodos de identificação de ZAA (MIZAA). O manual propõe o Rastreamento da Rede “*Network Screening*” através de um procedimento de análise de uma rede de transportes com o objetivo de identificar e classificar os locais de acordo com a potencialidade do local de reduzir a frequência de acidentes através da implementação de medidas de tratamento. Este é o primeiro passo aconselhado pelo HSM para concretizar o processo de gestão de segurança rodoviária. O procedimento proposto pelo HSM, para esta fase, assenta em cinco passos tal como mostra a Figura 1, sendo que o terceiro passo corresponde à seleção de 1 ou mais MIZAA(s). É especificamente neste passo que o presente trabalho se centra e que tem como objetivo principal constituir uma ferramenta de apoio à decisão na seleção e aplicação dos MIZAAAs.

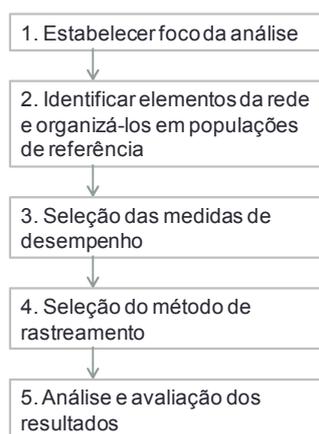


Fig. 1 - Processo de Rastreamento da Rede “*Network Screening Process*” (Fonte:(AASHTO, 2010))

Os dados utilizados neste estudo são relativos a acidentes ocorridos em interseções da cidade do Porto de 3 e 4 ramos, e com ou sem sinalização luminosa, registados ao longo de um período de 5 anos (de 1 de Janeiro de 2001 a 31 de Dezembro de 2005). A base de dados dos acidentes foi obtida a partir de dados oficiais da Polícia de Segurança Pública e incluem todo o tipo de acidentes (com vítimas e só com danos materiais) registados com a informação do local de ocorrência. Com base nesta informação, os acidentes foram georreferenciados através

de um sistema de informação geográfica. Os dados consistem em 2029 acidentes, dos quais 447 resultaram em vítimas e 1582 só com danos materiais, referenciados a 211 interseções. Estas interseções estão divididas em 48 interseções de 3 ramos e sinalização luminosa; 67 interseções de 3 ramos sem sinalização luminosa; 70 interseções de 4 ramos e sinalização luminosa; e 26 interseções de 4 ramos e sem sinalização luminosa. A Tabela 1 apresenta a descrição estatística relativa aos acidentes e ao TMDA das interseções da cidade do Porto.

Tabela 1 - Descrição estatística da base de dados do Porto

Variável	Min.	Máx.	Média	Desvio Padrão
Número de acidentes	0	13	1,9	2,1
TMDA _{Princ}	285	71525	18309	11629
TMDA _{Sec}	0	32882	5286	5232

Para comparar os vários MIZAAAs, o período de 5 anos em estudo foi dividido em dois: 2001 a 2002 (2 anos) e 2003 a 2005 (3 anos) de forma a ser possível comparar a consistência dos resultados da aplicação dos MIZAA nos dois períodos e assim avaliar o desempenho. Considerou-se o mesmo valor percentual de interseções selecionadas como sendo ZAA, tendo-se optado por 10% do total da amostra a estudar. No final selecionou-se 21 ZAAs aplicados a todo o tipo de interseções (211) e 12 interseções com sinais luminosos pelos respetivos métodos. Para avaliar o desempenho de cada método considerou-se a aplicação de quatro testes de avaliação do desempenho a dados empíricos tais como propostos por Cheng e Washington (2008) e Montella (2010).

No final foi possível identificar os métodos com pior e melhor desempenho, tendo se verificado que o método mais simples designado de frequência média de acidentes é um dos que apresenta melhor desempenho.

REFERÊNCIAS

- [1]-AASHTO (2010) Highway Safety Manual. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington DC.
- [2]-Montella, A. (2010) A comparative analysis of hotspot identification methods. Accident Analysis and Prevention, 42, 571-581.
- [3]-Cheng, W. e Washington, S. (2008) New Criteria for Evaluating Methods of Identifying Hot Spots. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2083, 76-85.

ARTIGO REF: 6898

UTILIZAÇÃO DA BASE DE DADOS DO PROGRAMA LTPP NA ANÁLISE DE FATORES QUE INFLUENCIAM O DESEMPENHO DE PAVIMENTOS

Dinis Gardete^{1(*)}, Luís Picado-Santos², Silvino Capitão³

¹Instituto Politécnico de Castelo Branco, Ceris-Cesur, UTC Eng.^a Civil, Castelo Branco, Portugal

²Ceris-Cesur, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, IST, Lisboa, Portugal

³IPC, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Ceris-Cesur, Lisboa, Portugal

(*)*Email*: dgardete@ipcb.pt

RESUMO

A recolha de informação em pavimentos em serviço permite obter informação valiosa e que não pode ser obtida utilizando outro tipo de procedimentos. O programa Long-Term Pavement Performance (LTPP) é o maior programa deste tipo e permite aceder a uma quantidade muito significativa de informação. Fez-se neste trabalho uma análise prospetiva da base de dados do Programa LTPP, nomeadamente do estudo SPS-9, avaliando a informação existente com o objetivo de detetar fatores que influenciam o desempenho de pavimentos, nomeadamente, a metodologia de formulação de misturas betuminosas. Com a informação existente selecionaram-se variáveis significativas modelando a evolução de diversas patologias utilizando modelos multilíneares. A análise estatística não permitiu concluir assertivamente sobre como os diferentes fatores impactaram no desempenho global do pavimento, realçando que quando em serviço a quantidade e a qualidade da informação e o conjunto de fatores e suas possíveis interações apresentam uma complexidade que torna difícil a sua modelação.

INTRODUÇÃO

A análise do desempenho de pavimentos em serviço é fundamental para validar as metodologias, técnicas ou materiais utilizados na pavimentação rodoviária. Apesar da evolução dos ensaios laboratoriais, da disseminação de estruturas de ensaio à escala real e das técnicas numéricas, a observação do comportamento em serviço é importante, pois representa as condições reais de utilização nas suas diversas dimensões. Contudo, os recursos necessários para realizar este tipo de estudo são muito consideráveis. Apesar de existir um crescente número destes programas o programa LTPP é o mais antigo, tendo-se iniciado em 1987, e o que maior quantidade de informação disponibiliza (FHWA, 2014). O Programa LTPP monitoriza secções de pavimentos reais, recolhendo informação sobre essas mesmas secções durante períodos superiores a 10 anos. A informação recolhida tem a vantagem de permitir avaliar os pavimentos em situações reais de serviço apresentando um valor inerente muito elevado. A base de dados do programa LTPP é disponibilizada em DVD. Para simplificar a procura e a utilização dos dados, o LTPP facilita o acesso online à informação simplificada no sítio <http://www.infopave.com>.

Inserido num estudo mais alargado sobre como os parâmetros relacionados com as propriedades das misturas betuminosas influenciavam o desempenho de pavimentos em serviço realizou-se uma análise com base na informação contida no Programa LTPP. O objetivo centrava-se em compreender de que modo a metodologia de formulação de misturas

betuminosas pode influenciar o desempenho do pavimento. Nos Estados Unidos da América (EUA) existiu uma alteração nas metodologias de formulação na transição para a metodologia SUPERPAVE. Após uma análise dos estudos realizados pelo LTPP foi selecionado o estudo SPS-9 pois este procurou avaliar a introdução da metodologia SUPERPAVE, a qual inclui a formulação volumétrica de misturas betuminosas, em comparação com as metodologias de formulação tradicional utilizadas anteriormente (Hveem e Marshall). O estudo SPS-9 foi designado “*Validation of SHRP Asphalt Specifications and Mix Design*”.

Para o estudo, os Departamentos Estaduais de Transportes (DOT) tinham que construir em cada localização pelo menos três secções de teste. As exigências iniciais indicavam a construção de uma secção correspondente à metodologia tradicionalmente utilizada, uma correspondente à formulação SUPERPAVE de nível 1 e uma secção correspondente à formulação SUPERPAVE de nível 1 mas com um betume com classe *Performance Grade* (PG) um nível acima ou abaixo. Alguns parâmetros da metodologia SUPERPAVE têm vindo a ser modificados de modo a melhorar os resultados obtidos na formulação. A formulação SUPERPAVE utilizada no estudo SPS-9 teve como base as orientações existentes no momento de construção das secções de estudo.

O estudo SPS-9 considerou ainda diversas possibilidades de utilização de misturas, nomeadamente em aplicação de reforço sobre pavimento rígido contínuo, SPS-9C, pavimento rígido com juntas, SPS-9J, reconstrução ou pavimento novo, SPS-9N, e aplicação como reforço em pavimentos flexíveis existentes, SPS-9O. Consideraram-se na análise realizada as secções pertencentes ao SPS-9N uma vez que era o estudo em que o número de variáveis explicativas poderia ser mais reduzido. Uma das condições impostas a estas secções era que tinham que ser construídas em locais com um número de eixos de 80 kN igual ou superior a 50 000 por ano.

As localizações e correspondentes secções de teste do estudo SPS-9N incluídas nesta análise foram:

- Kansas: 20-0901; 20-0902; 20-0903;
- Arizona: 04-0902, 04-0903, 04-A901, 04-A902 e 04-A903;
- Carolina do Norte: 37-0901, 37-0902 e 37-0903;
- Texas: 48-0901 e 48-0902 e 48-0903;
- Wisconsin: 55-C901, 55-C902, 55-C903, 55-C959 e 55-C960;
- Montana: 30-0901, 30-0902 e 30-0903;
- Alberta: 81-A901, 81-A902 e 81-A903;
- Ontário: 87-0901, 87-0902, 87-0903, 87-0960, 87-0961 e 87-0962;
- Québec: 89-0901, 89-0902, 89-0903, 89-A901, 89-A902 e 89-A903;
- Saskatchewan: 90-0901, 90-0902, 90-0903, 90-0959, 90-0960, 90-0961 e 90-0962.

A localização das secções apresenta-se na Figura 1.

CARACTERIZAÇÃO DO DESEMPENHO DAS SECÇÕES

A base de dados fornece um conjunto muito significativo de informação que se encontra agrupada nas categorias estrutura de pavimento, construção, caracterização de materiais, monitorização do pavimento (inclui o levantamento de patologias), o tráfego e clima (FHWA, 1999). Observou-se que a base de dados continha omissões na informação relacionada com as condições iniciais significativas, nomeadamente relacionadas com a caracterização de materiais e formulação das misturas betuminosas, como sejam lacunas em elementos chave como o VMA (Vazios no Esqueleto do Agregado), percentagem em betume e energia de compactação de formulação, que tornaram impossível a introdução destes elementos na

análise realizada. Optou-se por realizar a análise comparando o desempenho de secções situadas na mesma localização de modo a simplificar o número de variáveis, nomeadamente, as variáveis climáticas.

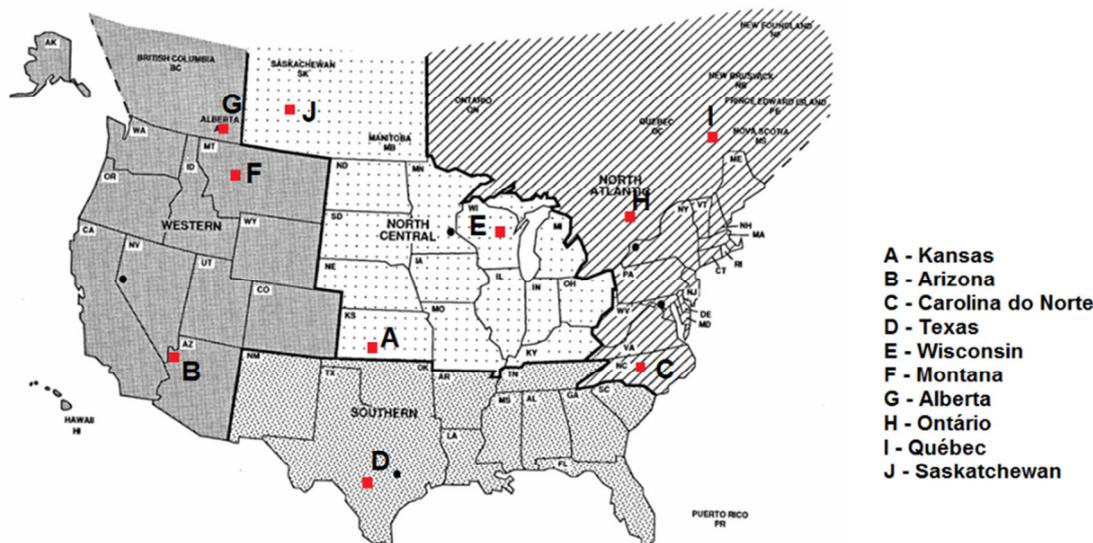


Fig. 1 - Localização das secções do estudo SPS-9N analisadas.

O desempenho do pavimento foi traduzido através da evolução das patologias observadas, nomeadamente, fendilhamento, cavado de rodeiras, irregularidade longitudinal e degradações superficiais. A observação das patologias é realizada de modo desagregado, por exemplo, no fendilhamento é avaliado o fendilhamento longitudinal nas rodeiras, fora das rodeiras, fendilhamento transversal, pele de crocodilo e fendilhamento em blocos. Estes valores são ainda divididos de acordo com o grau de severidade. Após uma análise às patologias observadas nas secções analisadas optou-se por agrupar os valores de algumas patologias relacionadas criando índices agregados para estas patologias. Deste modo, o fendilhamento e as patologias superficiais foram consideradas de modo aglomerado, expressão (1) e (2). Para o IRI (*International Roughness Index*) e o cavado de rodeiras foram considerados os valores medidos. Observou-se existir um número reduzido de secções em que foram observadas degradações superficiais.

Um exemplo da evolução dos valores das patologias no pavimento é apresentado na Figura 2, neste caso para a localização Saskatchewan.

$$I_{fend} = PC + 0,5 * (FLR + FLNR) \quad (1)$$

Em que:

I_{fend} - Índice representativo do fendilhamento;

PC - Área ocupada por pele de crocodilo [m^2];

FLR - Fendilhamento longitudinal na zona das rodeiras;

$FLNR$ - Fendilhamento longitudinal fora da zona das rodeiras.

$$I_{deg\sup} = AC + ADF + AD \quad (2)$$

Em que:

$I_{deg\ sup}$ - Índice representativo das degradações superficiais;

AC - Área afetada por covas [m^2];

ADF - Área afetada por deformações superficiais [m^2];

AD - Área afetada por desagregações superficiais [m^2].

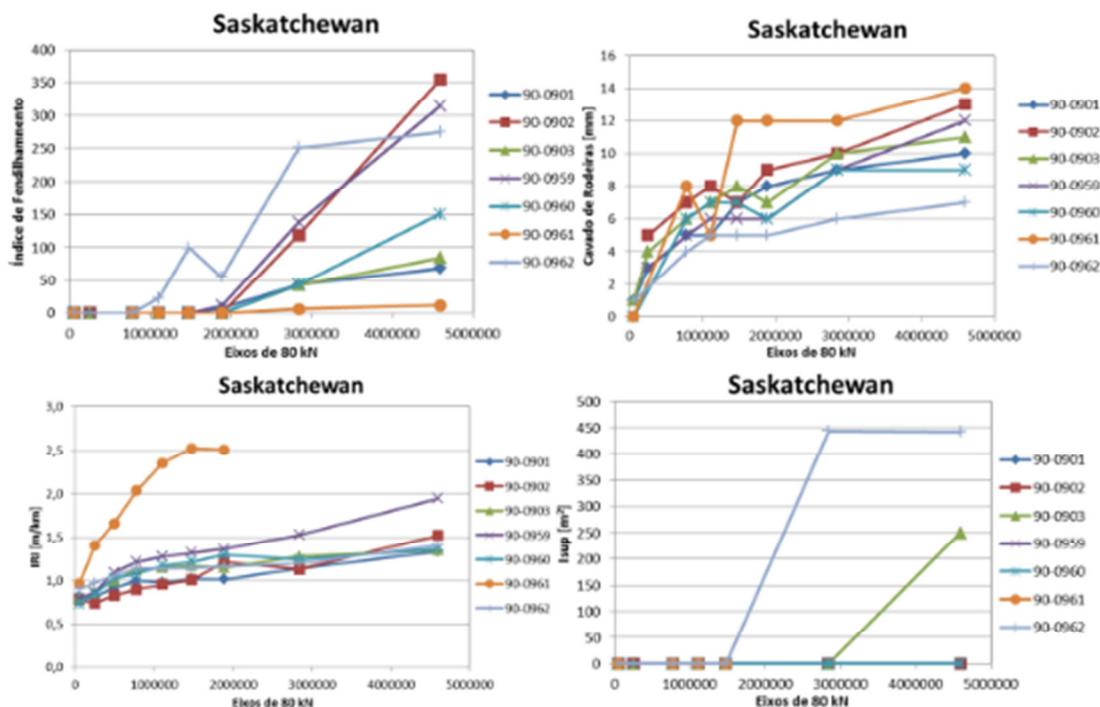


Fig. 2 - Evolução do cavado de rodéiras para as secções situadas em Saskatchewan.

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA METODOLOGIA DE FORMULAÇÃO - ANÁLISE ISOLADA

Para se poder avaliar como foi significativa a influência da alteração da metodologia de formulação, analisou-se como as patologias evoluíram para as secções em que se utilizaram metodologias tradicionais e a metodologia SUPERPAVE para cada localização. Esta evolução encontra-se representada nas figuras 3, 4, 5, 6. Representa-se a taxa de evolução das degradações com o tráfego. Nas figuras é referida a zona climática em que as secções se encontram, conforme definidas pelo LTPP, sendo estas a húmida não-fria (H NF), seca não-fria (S NF), húmida fria (H F) e seca fria (S F) (Jackson e Puccinelli, 2006).

Observa-se que não se encontra nenhuma tendência evidente. Contudo, a evolução do fendilhamento e do IRI apresenta valores superiores nas secções com metodologia SUPERPAVE. Nas degradações superficiais, embora existam registos em poucas secções, estas foram observadas com maior frequência em secções SUPERPAVE. Deste modo, numa análise simples aos dados recolhidos, a transição para a metodologia de formulação SUPERPAVE não aparentou trazer benefícios. Contudo esta é uma abordagem simples

permitindo apenas identificar tendências que se apresentem evidentes. Como o desempenho nos pavimentos depende de inúmeros fatores realizou-se uma análise por regressão multilinear para poder identificar, com uma análise mais complexa, a influência da variável metodologia de formulação.

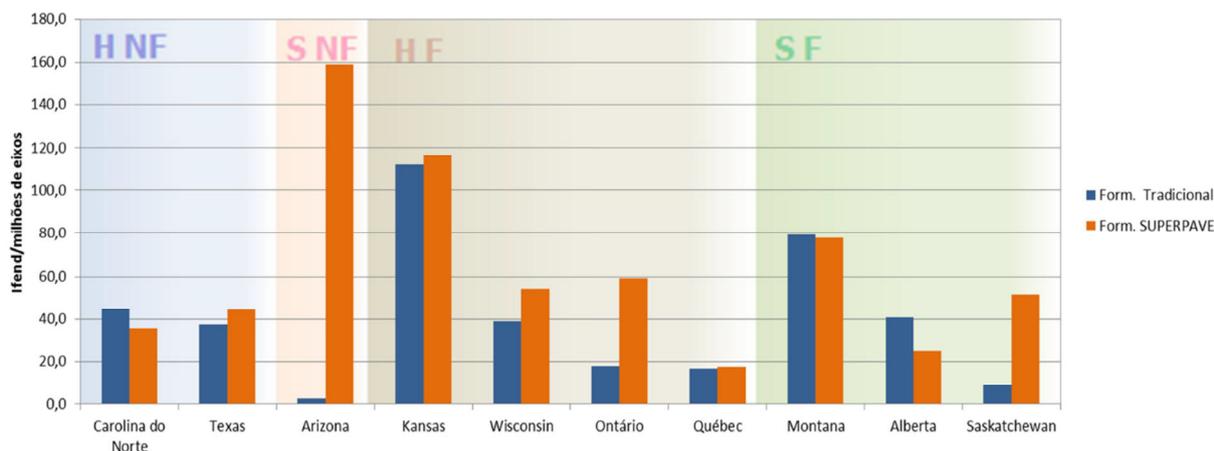


Fig. 3 -. Evolução do fendilhamento em função da metodologia de formulação.

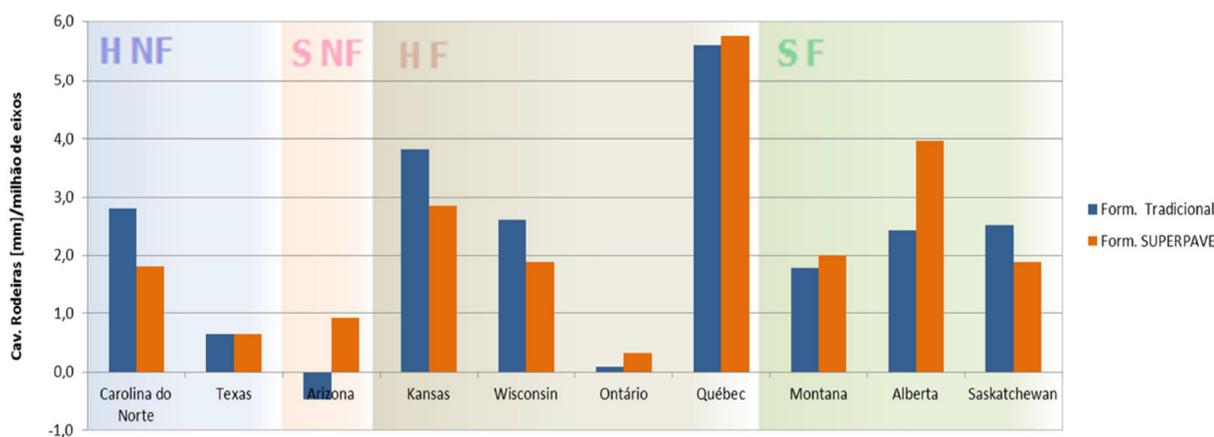


Fig. 4 - Evolução dos cavados de rodeira em função da metodologia de formulação.



Fig. 5 - Evolução do IRI em função da metodologia de formulação.



Fig. 6 - Evolução das degradações superficiais em função da metodologia de formulação.

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA METODOLOGIA DE FORMULAÇÃO - REGRESSÃO MULTILINEAR

Modelo utilizado

Realizou-se uma regressão multilinear procurando introduzir um conjunto de variáveis explicativas (Azevedo, 2013; Saghafi *et al.*, 2009). Com a informação existente, e que se revelou mais completa, selecionou-se um conjunto de variáveis que poderiam explicar o desempenho do pavimento, nomeadamente, a deflexão do pavimento, número acumulado de eixos padrão, metodologia de formulação, viscosidade do betume e espessura das camadas betuminosas, expressão (3). As variáveis deflexão do pavimento, número acumulado de eixos padrão e espessura das camadas betuminosas foram introduzidas utilizando os valores observados. A variável metodologia de formulação foi considerada como uma variável *dummy*. Devido a não existir correspondência unívoca entre as diferentes classificações de betumes encontradas na base de dados foi utilizada uma variável que correspondeu a uma classificação do betume de 1 a 6 procurando traduzir a sua viscosidade (correspondendo 1 a betumes mais moles e 6 a betumes mais duros).

$$I_{Patologia} = A \cdot Deflex + B \cdot N_{80} + C \cdot Metform + D \cdot Tipobet + E \cdot Espbet + F \quad (3)$$

Em que:

$I_{Patologia}$ - Índice da patologia que se pretende modelar;

$Deflex$ - Deflexão estimada [μm ou mm dependendo do Índice];

N_{80} - Número acumulado de eixos de 80 kN [milhões de eixos de 80 kN];

$Metform$ - Metodologia de formulação [0 - tradicional, 1 - SUPERPAVE];

$Tipobet$ - Tipo de betume [1-6]

$Espbet$ - Espessura das camadas betuminosas [mm];

A, B, C, D, E e F - Constantes do modelo de ajuste multilinear.

A análise realizada neste trabalho incidiu numa abordagem de eliminação para trás (*backward elimination*). Este processo pode ser resumido nas seguintes etapas:

- Iniciar o ajuste com todas as variáveis dependentes no modelo;
- Remover a variável com o valor de p mais elevado (se maior que o valor de referência α_{crit} , considerado com 0,05);
- Realizar novo ajuste e voltar ao passo anterior;
- Parar quando os valores de p forem todos inferiores a α_{crit} .

Os valores dos ajustes obtidos foram em geral aceitáveis. Estes foram avaliados utilizando o coeficiente R^2 , análise ANOVA e análise dos resíduos. O facto de existirem alguns valores incoerentes na evolução das patologias (ex. diminuição destas com o tempo) prejudicou alguns dos ajustes. Para exemplificar os ajustes realizados apresentam-se na Tabela 1 os valores obtidos para a localização Saskatchewan.

Como referido a omissão ou existência de informação incoerente restringiu o número de variáveis que se puderam introduzir na análise e dificultou igualmente a modelação. Na análise da informação observaram-se valores incongruentes na observação das patologias, o que dificultou o tratamento da informação e qualidade dos ajustes. Estas omissões são um dos problemas subjacentes quando se utilizam bases de dados de programas de monitorização ou gestão de pavimentos (Farhan e Fwa, 2015).

Tabela 1 - Ajustes obtidos para a localização Saskatchewan.

Patologia	Parâmetros	Unidade	Coefficiente	Parâmetros estatísticos
Fendilhamento lfend	N. Eixos 80	Milhões de eixos	41,86	$R^2=0,55$ $R^2_{ajust}=0,53$ ANOVA $p=2,00E-9$
	Met. Formulação	0 ou 1	43,21	
	Tipo de betume	Quadro	SS	
	Deflexão	μm	SS	
	Esp. Camadas bet.	mm	SS	
	Constante		-62,56	
Rodeiras	N. Eixos 80	Milhões de eixos	SS	$R^2=0,74$ $R^2_{ajust}=0,72$ ANOVA $p=1,18E-13$
	Met. Formulação	0 ou 1	-5,06	
	Tipo de betume	Quadro	1,25	
	Deflexão	mm	31,03	
	Esp. Camadas bet.	mm	SS	
	Constante		-7,74	
IRI	N. Eixos 80	Milhões de eixos	SS	$R^2=0,65$ $R^2_{ajust}=0,63$ ANOVA $p=4,40E-13$
	Met. Formulação	0 ou 1	-530,91	
	Tipo de betume	Quadro	SS	
	Deflexão	mm	2542,36	
	Esp. Camadas bet.	mm	27,90	
	Constante		-3094,09	
Degradações Superficiais	N. Eixos 80	Milhões de eixos	77,74	$R^2=0,41$ $R^2_{ajust}=0,35$ ANOVA $p=2,63E-4$
	Met. Formulação	0 ou 1	151,68	
	Tipo de betume	Quadro	-53,59	
	Deflexão	mm	-962,83	
	Esp. Camadas bet.	mm	SS	
	Constante		379,02	

SS – variável não significativa

Análise da influência da metodologia de formulação

Era objetivo do trabalho avaliar de que modo a variável metodologia de formulação, particularmente, a passagem de metodologias tradicionais de formulação, Hveem e Marshall para a metodologia de formulação SUPERPAVE, beneficiou o desempenho dos pavimentos. Assim, com base nos ajustes obtidos para as diferentes localizações foi analisado o coeficiente associado à variável metodologia de formulação (coeficiente C da expressão (3)), tendo a introdução da metodologia SUPERPAVE sido benéfica quando o coeficiente apresentou valor negativo. Esta informação apresenta-se na Tabela 2.

Refira-se que na seleção das variáveis significativas, *backward elimination*, existiram modelos em que a variável metodologia de formulação não foi considerada significativa pelo que foi retirada dos modelos. É possível observar que a influência particular de uma variável no desempenho dos pavimentos é difícil de avaliar, existindo uma maioria de localizações em que aquela variável foi considerada não significativa nos modelos quando comparada com a influência observada para outras variáveis consideradas. Para as localizações em que esta variável foi considerada significativa a contribuição da metodologia SUPERPAVE aparenta ter sido positiva conduzindo a menores valores de IRI. Para as outras degradações o número de secções em que a variável foi significativa foi relativamente baixo e com tendências variáveis.

Tabela 2. Influência da variável metodologia de formulação na evolução das patologias para as diferentes localizações.

Localização	Contribuição da metodologia SUPERPAVE			
	Fendilhamento	Cavado de rodeiras	IRI	Degradações Superficiais
Kansas	0	0	0	/
Arizona	0	-	-	0
Carolina do Norte	0	0	-	/
Texas	0	0	+	/
Wisconsin	+	0	0	/
Montana	0	0	+	/
Alberta	+	-	0	/
Ontário	0	0	+	/
Quebec	0	0	0	0
Saskatchewan	-	+	+	-
+ : Contribuição positiva - : Contribuição negativa 0 : Sem contribuição significativa / : Sem registo de patologias ou patologias insuficientes.				

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos não permitiram inferir tendências globais evidentes da importância destas variáveis no desempenho dos pavimentos quando em serviço. O número de variáveis envolvido, o modo como estas podem condicionar determinada vertente do desempenho dos materiais ou do pavimento, as dificuldades decorrentes das omissões e incongruências na informação, a forma como algumas variáveis podem interagir em condições de serviço, incrementa a possibilidade em não obter tendências claras, nomeadamente para cada variável em particular e como ela pode, numa determinada aplicação, influenciar o desempenho do pavimento. O recurso a metodologias de tratamento de dados destinadas a detetar padrões de comportamento em conjunto grandes e de grande variabilidade (“data mining”, por exemplo) pode revelar-se mais adequada para este tipo de avaliações.

Neste trabalho realizou-se uma análise simples mostrando a evolução das patologias em função da metodologia de formulação e realizando uma análise por regressão multilinear. As conclusões aparentes de cada abordagem não foram coincidentes mostrando a complexidade envolvida nestas análises e a necessidade de avaliar os procedimentos utilizados. Contudo, refira-se que a metodologia de formulação pode ser uma variável que acrescenta alguma dificuldade na análise pois uma metodologia pode estar mais adaptada a umas condições particulares (de tráfego, clima, tipo de mistura) enquanto outra a outro tipo de condições. Deste modo, a análise multilinear não forneceu tendências evidentes, excetuando o parâmetro IRI em que a metodologia SUPERPAVE aparentou ter permitido conduzir a menores valores deste parâmetro.

Embora a base de dados do LTPP seja muito útil, dispondo de um grande conjunto de informação, observam-se lacunas e incongruências nesta que dificultam estas análises. Neste caso estas lacunas foram evidentes. Contudo, deve ser referido que as secções incluídas no estudo foram construídas entre 1993 e 1998 tendo as metodologias de recolha de informação e

a qualidade desta sido melhoradas progressivamente. Importa referir que a metodologia SUPERPAVE foi sendo modificada e sofrendo alterações desde a sua introdução de modo a melhorar os seus resultados, deste modo, esta análise deve ser entendida dentro dos pressupostos temporais em que a informação foi recolhida.

REFERÊNCIAS

[1]-Azevedo, J., Avaliação do Desempenho a Longo Prazo de Pavimentos Flexíveis: Exploração da Base de Dados LTPP Americana, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, 2013.

[2]-Farhan, J., Fwa, T., Managing missing pavement performance data in pavement management system. Paper presented at the 9th International Conference on Managing Pavement Assets, 2015.

[3]-FHWA, LTPP 2014 and Beyond What is Needed and What Can Be Done?, Federal Highway Administration, 2014.

[4]-FHWA, Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Program, Report No. FHWA-RD-03-031, Federal Highway Administration, 2003.

[5]-FHWA, Introduction to LTPP data, Federal Highway Administration, 1999.

[6]-Jackson, N., Puccinelli, J., Long-Term Pavement Performance (LTPP) Data Analysis Support:

[7]-National Pooled Fund Study TPF-5(013): Effects of Multiple Freeze Cycles and Deep Frost Penetration on Pavement Performance and Cost, Report FHWA-HRT-06-121, Federal Highway Administration, 2006.

[8]-Saghafi, B., Hassani, A., Noori R., Bustos, M., Artificial neural networks and regression analysis for predicting faulting in jointed concrete pavements considering base condition. Int. J. Pavement Res. Technol., 2: 20-25, 2009.

ARTIGO REF: 6901

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE PLÁSTICO NO MELHORAMENTO DE SOLOS PARA ATERROS RODOVIÁRIOS

Miguel Sousa, Dinis Gardete^(*), Rosa Luzia

Instituto Politécnico de Castelo Branco, UTC Eng.^a Civil, Castelo Branco, Portugal

^(*)Email: dgardete@ipcb.pt

RESUMO

A estabilização de solos com resíduos apresenta-se como uma solução interessante do ponto de vista ambiental e técnico. Neste trabalho utilizaram-se resíduos plásticos para avaliar como o comportamento de um solo poderia ser melhorado para a construção de aterros para vias de comunicação. Foi selecionado um solo com baixa propensão para a sua utilização misturando com diferentes percentagens de resíduo plástico. O resíduo plástico foi obtido da trituração de etiquetas de embalagem realizadas em polietileno (PE) e polipropileno (PP). A estabilização com o resíduo plástico conduziu a um aumento de resistência do solo no ensaio CBR (Califórnia Bearing Ratio), redução da baridade seca máxima e aumento da expansibilidade.

INTRODUÇÃO

A utilização de soluções económicas e que permitam aproveitar resíduos no melhoramento do comportamento de solos apresenta interesse, do ponto de vista ambiental e técnico, particularmente em países com menores recursos. Uma grande variedade dos plásticos utilizados em embalagens é descartável ou de curta duração, mas demora muito tempo para se decompor em aterro. Apesar de os plásticos serem recicláveis observa-se que as taxas de recuperação e reciclagem em 2013 para a Europa (EU-28) eram de 79,2% e 65,3%, respetivamente, existindo uma grande quantidade de resíduos plásticos que não é reciclada [Eurostat, 2016]. A utilização destes resíduos no reforço de solos em aterros pode constituir uma alternativa para a sua valorização. Alguns estudos indicam a possibilidade de se obterem incrementos significativos na resistência do solo com adição de resíduos de plástico (Choudhary *et al.*, 2010 e Nagle *et al.* 2014). Os resíduos plásticos utilizados são em geral obtidos de embalagens em HDPE ou PET (Rawat e Kumar, 2016; Paramkusam *et al.*, 2013), cortadas em pequenas tiras ou trituradas. As partículas podem ter forma regular ou irregular e apresentam em geral dimensões entre 4 mm e 20 mm de lado (Paramkusam *et al.*, 2013; Choudhary *et al.*, 2010). A espessura é bastante variável, contudo, este tipo de partículas apresenta alguma rigidez. A incorporação de resíduos é em geral inferior a 2% embora alguns estudos tenham utilizado percentagens até 4% (Paramkusam *et al.*, 2013, Choudhary *et al.*, 2010; Rawat e Kumar, 2016).

A adição deste tipo de partículas permite obter incrementos da resistência CBR. Alguns autores indicam que este aumento de resistência ocorre até uma percentagem ótima de incorporação diminuindo a resistência para maiores percentagens de resíduo situando-se o valor ótimo de incorporação, em geral, entre 0,5% e 1,5% (Singh *et al.* 2017; Paramkusam *et al.*, 2013). Alguns autores referem que o teor ótimo em água se mantém em geral inalterado, e a baridade seca máxima aumenta com o incremento de resíduo plástico até um valor máximo diminuindo após esse valor (Singh *et al.* 2017; Paramkusam *et al.*, 2013; Kalliyath *et al.*

2016), outros autores indicam resultados em que a baridade seca máxima decresce com o aumento da percentagem de resíduo incorporado (Damion *et al.* 2016).

TRABALHO EXPERIMENTAL

Caracterização do solo

Selecionou-se um solo que, empiricamente, não apresentaria capacidade resistente muito significativa e realizou-se a caracterização em laboratório das principais propriedades do mesmo com vista à sua utilização em aterros rodoviários. Visualmente apresentava-se como um solo com finos, cor castanho avermelhado e com características silto-argilosas. A curva granulométrica do solo apresenta-se na Figura 1.

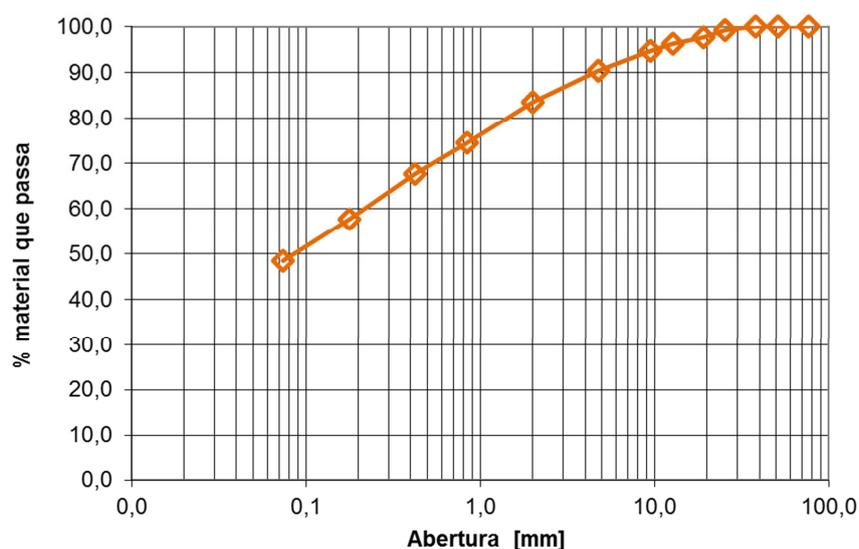


Fig. 1 - Granulometria do solo.

Para a caracterização determinaram-se as seguintes propriedades: plasticidade, nomeadamente os limites de plasticidade e liquidez, equivalente de areia, percentagem de matéria orgânica e azul de metileno, cujos resultados se apresentam na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados da caracterização do solo.

Propriedade	Limite de Plasticidade [%]	Limite de Liquidez [%]	Equivalente de Areia [%]	Matéria Orgânica [%]	Azul de metileno MB [g/100g]
Norma	NP 143	CEN ISO/TS 17892-12	LNEC E 199	NLT-117	NP EN 933-9
Valor	20,6	31,5	14,4%	2,48%	0,78

As propriedades corresponderam ao esperado, apresentando o solo uma quantidade de finos apreciável, próxima dos 50%, e uma plasticidade média, com um Índice de Plasticidade (IP) de 10,9%. Observou-se uma quantidade de matéria orgânica elevada, 2,48%, o que pode ser devido à amostra ter sido recolhida próximo da superfície. Estes resultados permitiram realizar a classificação do solo que se apresenta na Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação do solo.

Classificação	Unificada ASTM D 2487	Fins Rodoviários AASHTO LNEC E 240
Solo	SC - Areia Argilosa	A-4 (2)

Foi também realizado o ensaio de compactação *Proctor* em molde grande com compactação pesada, LNEC E 197 (LNEC, 1966), o qual permitiu obter o teor em água ótimo, 12,8% e a baridade seca máxima, 1,92 g/cm³, Figura 1.

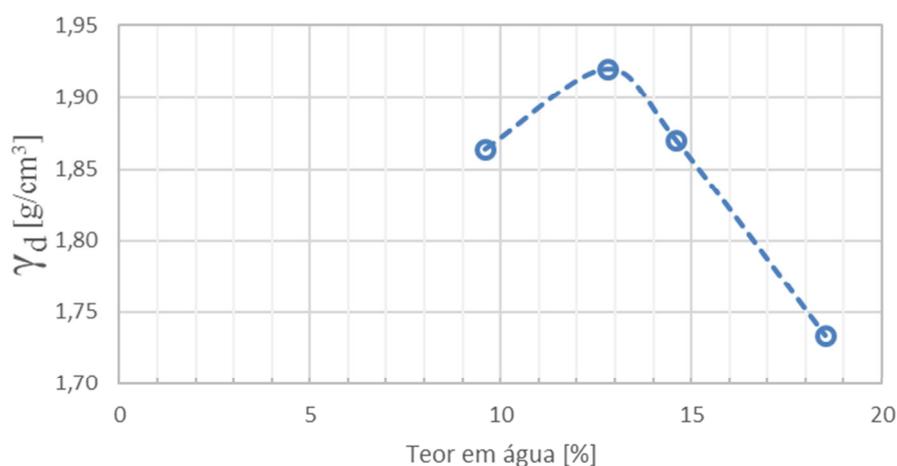


Fig. 1 -. Curva de compactação do solo.

Resíduo plástico

O resíduo de plástico utilizado foi obtido a partir de etiquetas em PE (Polietileno) e PP (Polipropileno). As etiquetas foram trituradas apresentando as partículas espessura muito reduzida, comportamento flexível, uma área genericamente entre 1,0 cm² e 2,0 cm² e forma irregular, Figura 3.

Caracterização do solo estabilizado

A caracterização da resistência do solo foi realizada utilizando o ensaio CBR de acordo com a especificação LNEC E 198 (LNEC, 1967). Para realizar os provetes o solo foi misturado com água de modo a obter o teor em água ótimo de 12,8% (Figura 4). Considerou-se que a adição de resíduo plástico não altera significativamente o teor ótimo em água, já que este efeito é observado por diversos autores (Paramkusam *et al.*, 2013). Após esse procedimento o resíduo plástico foi misturado com o solo. A quantidade de resíduo incorporado foi de 1%, 2% e 3%, massa de resíduo relativamente à massa de solo seco. Na figura 5 apresenta-se o aspeto dos provetes CBR, para as diferentes percentagens de resíduo, após realização do ensaio.



Fig. 3 - Partículas do resíduo plástico utilizado.



Fig. 4 - Mistura do solo com o resíduo plástico.

Observou-se uma diminuição do valor da baridade seca com o incremento da percentagem em resíduo para todas as percentagens de resíduo utilizadas, Figura 6. Esta diminuição mostrou um andamento uniforme, obtendo-se 93% de compactação relativa, tomando como referência o solo original, para a percentagem mais elevada de resíduo plástico, 3%. Esta diminuição da baridade seca é esperada pois as partículas de resíduo plástico adicionas apresentam massa volúmica significativamente inferior à apresentada pelas partículas que constituem o solo.



Fig. 5 - Aspecto dos provetes CBR com 0%(em cima à esquerda), 1% (em cima à direita), 2% (em baixo à esquerda) e 3% (em baixo à direita).

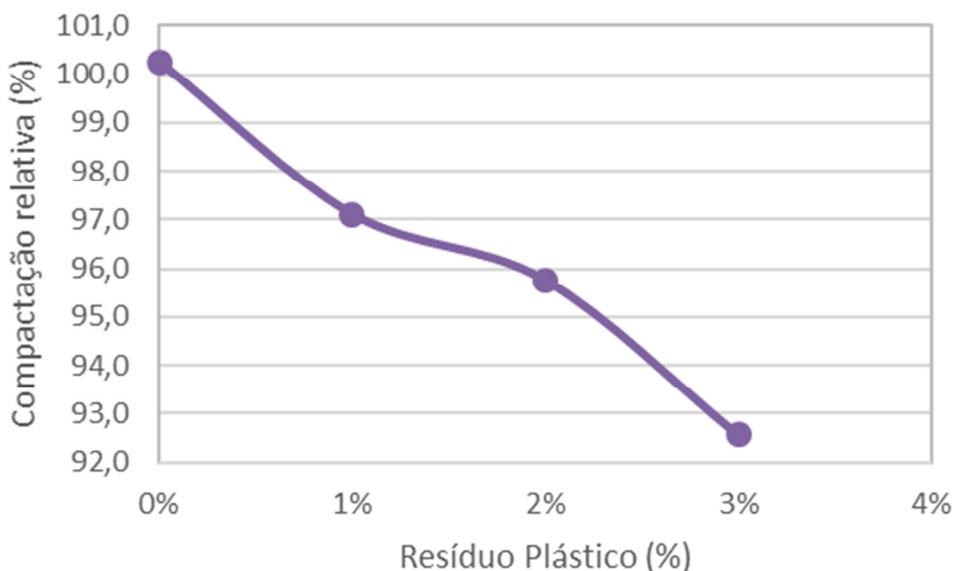


Fig. 6 - Evolução da compactação relativa com a percentagem em resíduo.

As curvas força-penetração obtidas no ensaio CBR apresentam-se na Figura 7. Pode observar-se que a incorporação de resíduo plástico permitiu obter um incremento da resistência para as séries com 1% e 2%. Os provetes com 1% de resíduo plástico mostraram valores mais elevados de resistência para todo o intervalo de penetrações. Observa-se que para 3% o solo apresentou resistência inferior, quando comparado com o solo original, até 8 mm de penetração. Contudo, para valores da penetração superiores a 8 mm todas as séries com resíduo apresentaram resistências superiores à do solo original.

Os valores de CBR mais elevados foram obtidos para 1% de resíduo plástico, considerando os valores determinados para 2,5 e 5,0 mm de penetração, observando-se uma diminuição dos valores de CBR para percentagens superiores de resíduo. Assim, foi

possível incrementar o valor de CBR do solo original de 14% para 19% com incorporação de 1% de resíduo plástico, contudo para 3% de resíduo plástico o valor de CBR obtido foi de 12%. Os valores de CBR determinados para 5,0 mm de penetração foram superiores aos valores obtidos para 2,5 mm de penetração em todas as séries, Figura 8.

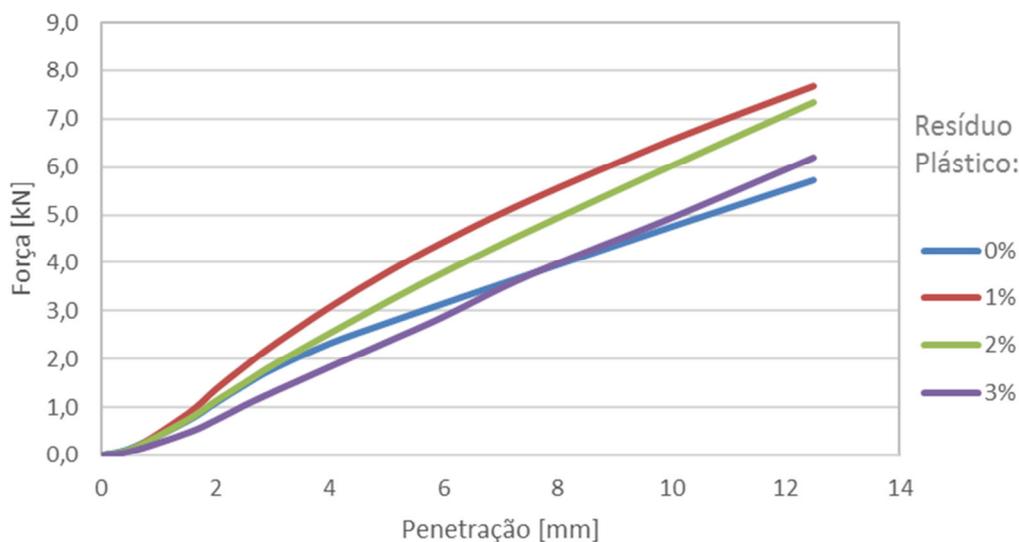


Fig. 7 - Curvas força-penetração obtidas no ensaio de CBR.

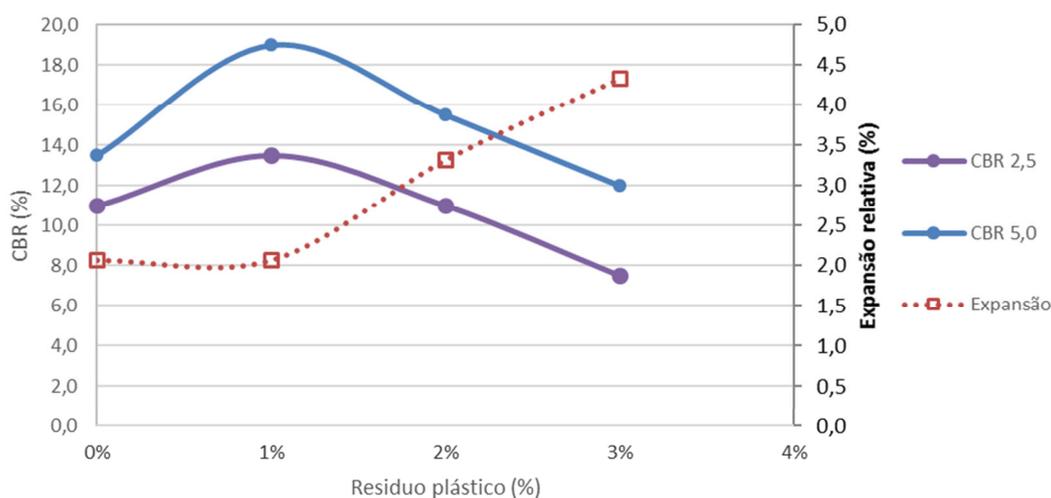


Fig. 8 - Evolução dos valores de CBR com a percentagem de resíduo plástico.

A expansão relativa aumentou com o incremento da percentagem em resíduo plástico, passando de 2,1% para 4,3% quando o conteúdo de resíduo plástico aumentou de 1% para 3%, e assume valores que podem ser restritivos para a sua utilização. O incremento da expansão relativa não oferece, contudo, nenhuma explicação simples.

CONCLUSÕES

Neste trabalho estabilizou-se um solo com classificação SC - Areia Argilosa e A-4(2). Para a estabilização utilizou-se um resíduo plástico proveniente de etiquetas formado por partículas irregulares com espessura muito reduzida, e por isso flexíveis. A caracterização do solo com resíduo plástico forneceu os seguintes resultados:

- A resistência do solo estabilizado foi incrementada para 1% de resíduo plástico apresentando resistência decrescente com o incremento de resíduo plástico após esse valor. Os valores de CBR para 1% de resíduo plástico foram incrementados de 14% para 19% (para penetração de 5 mm).
- Os valores da baridade seca diminuíram com o aumento do conteúdo em resíduo plástico. Esta diminuição foi progressiva e muito uniforme para todas as séries.
- Observou-se um aumento da expansibilidade para incorporações de resíduo plástico superiores a 1%. Este aumento foi significativo, passando de 2,1% para 4,3% quando o conteúdo de resíduo plástico aumentou de 1% para 3%.

A utilização de resíduos plásticos para reforço de solos apresenta-se como uma forma de promover a sua valorização. É uma forma de estabilização de baixo custo permitindo obter ganhos significativos na resistência dos solos. Os resultados permitiram verificar o aumento dos valores CBR, observando-se uma redução da baridade seca máxima e aumento da expansão relativa no ensaio CBR.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à empresa Ecoiberia - Reciclados Ibéricos, S.A. a disponibilização do resíduo plástico.

REFERÊNCIAS

- [1]-Choudhary, A.K., Jha, J.N., Gill, K.S., A Study on CBR Behavior of Waste Plastic Strip Reinforced Soil, Emirates Journal of Engineering Research, 15 pp 51-57, 2010.
- [2]-Damion, T., Ashique, M., Varkey, P., Keerthi, P., George, S., Use of Plastic Bottle Strips as an Admixture in the Soil Sub-grade for Road Construction, International Research Journal of Engineering and Technology, Volume: 03 Issue: 04, 2016.
- [3]-Eurostat, Packaging waste statistics, European Commission, acedido em novembro 2016: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Packaging_waste_statistics#Recycling_and_recovery_targets
- [4]-Kalliyath, J., Joy, J., Paul, J., Vadakkal, A., Soil Stabilization Using Plastic Fibers, International Journal of Science Technology & Engineering, Volume 2 Issue 12, 2016.
- [5]-LNEC, Determinação do CBR. E 198, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1967.

[6]-LNEC, Ensaio de Compactação. E 197, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1966.

[7]-Nagle, R., Jain, R., Shinghi, A., Comparative Study of CBR of Soil, Reinforced with Natural Waste Plastic Material, International Journal of Engineering & Science Research, Vol-4, Issue 6 (2014) 304-308.

[8]-Paramkusam, B., Prasad, A., Arya, C., A Study on CbR Behavior of Waste Plastic (PET) on Stabilized Red Mud and Fly Ash, Int. J. Struct. & Civil Engg. Res., 2013.

[9]-Rawat, P., Kumar, A., Study of CBR Behaviour of Soil Reinforced With HDPE Strips. Indian Geotechnical Conference IGC2016, IIT Madras, Chennai, India 15-17 December 2016.

[10]-Singh, J., Sonthwal, V., Rattan, J. Review on Improvement of Engineering Properties of soil Using Waste Plastic Bottles Strips (Polyethylene Terephthalate), International Journal on Emerging Technologies, 8(1):01-04, 2017.

ARTIGO REF: 6996

IMPLEMENTAÇÃO DE CORREDORES BRT: CRITÉRIOS E REQUISITOS

Rosário Macário^{1,2(*)}

¹CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal

²TPR, Faculdade de Economia Aplicada, Universidade de Antuérpia, França

(*)*Email*: rosariomacario@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

Nos últimos anos temos assistido ao acentuar de uma forte tendência para a implementação de corredores BRT, não só em países em desenvolvimento mas também os países desenvolvidos parecem ter descoberto esta solução recentemente.

Como todas as soluções de mobilidade também o BRT tem requisitos que asseguram o sucesso da sua implementação, e que se reflectem não apenas no desenho físico da solução, mas também nas escolhas organizacionais e regulamentares, na integração no restante sistema de mobilidade, nas formas de concessão e contratos utilizados, etc.

Não advogamos soluções universais. Essas são sempre uma segunda escolha e não garantem uma plena satisfação das necessidades locais. O importante é ter a capacidade de apreender os elementos relevantes da decisão, através da observação e análise de outros casos. O centro BRT-ALC dispõe de uma quantidade e qualidade de informação única relativamente a estes sistemas, o que nos permite análises mais profundas e por isso mais completas sobre a implementação dos sistemas BRT.

Existe de facto uma vasta discussão em torno dos motivos porque as cidades tendem a preferir os sistemas ferroviários aos rodoviários, mesmo quando há vantagens claras no nível de serviço em favor do BRT, encontramos uma certa preferência, ou inclinação emocional para o ferroviário. Considerámos por isso importante aprofundar a investigação que nos permita perceber melhor essas preferências. Foram realizados estudos econométricos, tendo por base inquéritos realizados em cinco países, Austrália, Reino Unido, França, Portugal e Estados Unidos da América, o que nos permitiu aferir as preferências dos diferentes segmentos da sociedade, em relação aos atributos que seleccionámos.

Estes estudos permitiram concluir que há um aumento de preferência pelo BRT quando se identifica uma possibilidade real de que este Sistema possa ser entregue com custos de construção inferiores ao LRT, dando um bom nível de serviço a um maior número de população, e quando o BRT pode ser implementado em corredor dedicado. É certo que o estudo nos permitiu também concluir sobre a variabilidade de preferências, entre países, em relação a atributos mais detalhados, que iremos apresentar neste artigo.

Mas é também uma evidência clara, da observação de inúmeros casos de BRT, que muitos dos problemas que surgem na sua implementação se devem a uma deficiente formulação de quais devem ser as medidas de acompanhamento dessa mesma implementação. Estas medidas devem reflectir a necessidade de induzir comportamentos, de avaliar quem são os ganhadores e perdedores do processo, e de criar eventuais medidas de mitigação.

Este conjunto de medidas incluem um vasto espectro de possibilidades, desde medidas operacionais a medidas regulamentares. Uma questão fundamental é perceber quais as categorias de políticas para uma implementação de sucesso ?

A observação desses casos de implementação de BRT, e os problemas que surgiram na sua implementação, permitiu-nos desenvolver um instrumento de apoio à decisão para definir quais as medidas necessárias para acompanhar a implementação destes sistemas, e para permitir uma auto-avaliação sobre a qualidade da decisão tomada.

Este artigo apresenta este instrumento em detalhe ilustrando com casos reais a sua utilização, e desenvolvendo para cada medida os principais elementos para o desenvolvimento de uma política integrada que promova a utilização do BRT e a sua plena integração no sistema de mobilidade urbana. Será também apresentada uma metodologia de auto-avaliação da qualidade de decisão.

REFERÊNCIAS

- [1]-Allende, I., et. al. (2007). “Propuesta Conclusiones - Informe final de la Comisión Investigadora del Transantiago”.
- [2]-Ardila-Gomez, A. (2004). Transit Planning in Curitiba and Bogotá. Roles in Interaction, Risk, and Change. PhD Dissertation. Massachusetts Institute of Technology.
- [3]-Briones, I. (2009). “Transantiago: un problema de información”, *in* Estudios Públicos 116 (2009).
- [4]-Cámara de Diputados (2007). “Informe de la Comisión Especial Investigadora Encargada de Analizar los Errores en el Proceso de Diseño e Implementación del Plan Transantiago”.
- [5]-Graftieaux, P. (2006) “Transmilenio & Transantiago - similarities and differences”, presentation done at BBL, Set 21st 2006, available for download at <http://siteresources.worldbank.org/INTTRANSPORT/Resources/336291-1153409213417/TransantiagoTransmilenioGraftieaux.pdf> (last accessed Aug, 10th 2013).
- [6]-Hensher, D.A., Mulley, C., and Li, Z. (2014) Drivers of Bus Rapid Transit Systems - Influences on Ridership and Service *Research in Transportation Economics*, December, 48, 159-165.doi:10.1016/j.retrec.2014.09.025.
- [7]-Filipe, Luis N.; Macário, R. (2013) “A first glimpse on policy packaging for implementation of BRT projects” *in* *Research in Transportation Economics* 39 (2013) 150 - 157.
- [8]-Macário R., (2011), “Managing Urban Mobility Systems”, ISBN 9780857246110, EMERALD Group Publishing Limited.
- [9]-Macário R., (2000), “Upgrading quality in urban mobility systems”, *Managing Service Quality Magazine*, Vol II, number 2, 2001, MCB University Press, ISSN 0960-4529, pp 93-99, Sheffield, UK, June 2000.
- [10]-May, A.D., C. Kelly, and S. Shepherd (2006). The principles of integration in urban transport strategies. *Transport Policy*, 13(4), 319-327.

ARTIGO REF: 7006

ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE AS CARACTERÍSTICAS DAS VIAS INTERURBANAS E A SINISTRALIDADE RODOVIÁRIA - CASO DE ESTUDO: ESTRADA NACIONAL N2,N3,N5 E N6

Belzénia Adelaide, Bernardo Matsimbe^(*)

Instituto Superior de Transportes e Comunicações, Depart. Tecnologias de Construção - Maputo, Moçambique

^(*)*Email: matsimbe.belzenia@gmail.com*

RESUMO

De uma forma simplista, o acidente de viacção é uma ocorrência que resulta da interacção de 4 factores: humano, veicular, institucional e viário (Sweroad, 1996), pela entrada do homem em cada um deles. Sendo que, as acções desse homem (peão, motorista, ou até mesmo agente de trânsito) serão respostas aos estímulos fornecidos pelo ambiente viário (Gold, 1998).

Pela análise de estatísticas de acidentes de viacção, pode-se perceber que estes ocorrem com mais frequência em alguns locais que em outros. Devendo esses trechos de estrada, ter características que potenciam a ocorrência de sinistros.

Quando se aborda a problemática da segurança rodoviária, é notável a tendência de considerar os aspectos ligados apenas ao factor humano como responsáveis pela ocorrência de acidentes de viacção (Sampedro, 2010), sem levar em conta aspectos ligados à via, cuja correcção contribuiria para a redução de grande número de sinistros. Embora o factor humano tenha maior peso na origem dos acidentes, nem sempre a solução com melhor custo-benefício será a actuação nessa contribuição.

Para analisar a relação entre as características das vias e a ocorrência de sinistros rodoviários, interessa considerar todos os elementos que compõem o factor viário: projecto geométrico, sinalização, condições do pavimento, funcionalidade dos dispositivos de drenagem e as características operacionais da via.

Neste trabalho, analisaram-se as características das vias interurbanas, tendo a autora escolhido como caso de estudo, 4 vias interurbanas moçambicanas, nomeadamente: estrada nacional N2, N3, N5 e N6.

Para a realização do trabalho, recorreu-se a uma exaustiva análise bibliográfica e documental, à realização de entrevistas estruturadas aos utilizadores das vias em estudo (N2, N3, N5 e N6) que culminou com a identificação de pontos críticos (onde o número de acidentes é elevado ou a condução é difícil, exigindo maior esforço e concentração por parte dos motoristas). Conhecidos os pontos críticos, fizeram-se incursões de campo para apurar se as características das vias têm contexto com as causas dos acidentes.

A Tabela 1. apresenta os problemas identificados em cada um dos pontos críticos inspeccionados. Pode-se concluir que as características físicas e operacionais das vias têm grande relevância sobre os acidentes verificados, pois mesmo não sendo a causa primária dos sinistros, potenciam as falhas humanas, e em algumas situações levam os utilizadores das vias a infringir as regras de trânsito.

Os sinistros rodoviários nas vias interurbanas moçambicanas estão maioritariamente associados a deficiências no projecto geométrico da via, ocupação indevida de terrenos na área adjacente as vias, deficiências na secção transversal, no pavimento, na drenagem das vias e na sinalização.

Tabela 1 - Quadro resumo dos problemas identificados nos pontos críticos das vias analisadas (elaborado pela Autora, 2015).

Via	Ponto crítico	Problema					
		Traçado	Secção Transversal	Pavimento	Área Adjacente	Drenagem	Sinalização
N2	Boane - Linha Férrea	x		x	X	x	
	Boane - Pedreira	x					
N3	Mafavuca	x					
	Rio Umbeluzi	x					
N5	Cruzamento - Lindela	x	x	x			
	Entrocamento - Jangamo	x	x				x
	Entrocamento - Mutamba				X		x
	DIC Inhambane	x	x		x		x
N6	Dondo		x	x	x	x	
	Nhamatanda		x	x	x	x	
	Inchope		x	x	x	x	
	Gondola		x	x	x	x	
	Selva	x	x	x	x		
	Rio Vermelho	x	x	x			
	Machipanda	x	x	x	x		

REFERÊNCIAS

- [1]-Castilho, A. Estudo das Relações entre os Acidentes Rodoviários e as Características da Estrada. LNEC. Lisboa, 1983.
- [2]-Gold, P.A. Segurança de Trânsito: Aplicações de Engenharia para Reduzir Acidentes. Banco Interamericano de Desenvolvimento, EUA, 1998.
- [3]-Sampedro, A. Procedimento para Avaliação e Análise da Segurança de Tráfego em Vias Expressas Urbanas. Tese de Doutoramento. Universidade Federal do Rio de Janeiro. COPPE. Rio de Janeiro, Brasil, 2010.
- [4]-Sweroad. Estratégia e Programa para melhorar a Segurança Rodoviária em Moçambique. Relatório Final. ASDI. Maputo, 1996.

ARTIGO REF: 7014

A SUSTENTABILIDADE DOS OPERADORES DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS

António S. Matos^(*)

Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, Moçambique

^(*)*Email:* antoniomatos61@gmail.com

RESUMO

Ao nível mundial assiste-se a um fenómeno da urbanização que se caracteriza por cifras, acima de 50% da população mundial, que habita em cidades com tendências a crescer. Prevê-se o surgimento de mais de 50 mega cidades (+ 3 milhões habitantes, sendo 9 cidades Africanas), constatando-se ainda que mais de 50% dos 40 países com maior taxa de crescimento populacional, são Africanos. Constata-se que as redes urbanas Africanas são bastante rarefeitas e incompletas na maioria dos Estados. Considerando que este crescimento urbano é na sua maioria, realizado de forma desordenada, perigando equilíbrio ambiental, coesão social e competitividade há pois a considerar os impactos que este fenómeno acarreta, entre outros, na mobilidade. A resposta das sociedades Africanas traduz-se fortemente na preferência das populações pelo transporte individual motorizado o que provoca, em síntese, perda de tempo (congestionamentos), stress (nervosismo, ansiedade, esgotamento mental), poluição (atmosférica, visual e auditiva), acidentes de trânsito (uma tragédia despercebida), desperdício do espaço (ciclos de sobre uso e ociosidade), consumo de recursos naturais não renováveis (especialmente, energia), segregação social (incluindo o usufruto desigual da cidade), custos e externalidades negativas, etc..

Os prognósticos, mantidas as actuais tendências de posse e uso de solo versus uso intensivo do transporte individual, no grande Maputo (área metropolitana de Maputo), indicam que iremos sofrer perda significativa de desempenho económico, atractividade turística, património ambiental e arquitectónico, qualidade de vida e harmonia social. Estudos de vários autores apontam, em síntese, que cerca de 75% dos passageiros transportados, via autocarros ou “chapas”, são cativos do sistema, que o Transporte Colectivo de Passageiros (TCP) é usado fundamentalmente pela população de baixa renda, que os passageiros poderão que vir a despendar cerca de três horas por dia (média) ou gastar até 40% do seu salário (média), em viagem de e para o trabalho e que, mesmo nas horas de pico, o fluxo de passageiros no grande Maputo não ultrapassa ainda os 3,5 mil passageiros x hora x sentido, na grande maioria das linhas. É notório o esforço do Governo Moçambicano para melhorar a prestação de serviços de TCP à população. Este esforço é visível através da compra de autocarros e sua distribuição pelo País, na regulamentação dos serviços, quer na forma de leis, como na forma de posturas municipais e “orientações” estratégicas, no contínuo subsidio de combustível aos operadores de TCP, no estabelecimento de parcerias com o sector privado a fim de melhorar os esquemas de financiamento de veículos, no incentivo ao uso de gás, como combustível de referência, para os veículos de TCP, etc. Porém, a vontade política e a estratégia, assentes numa base de longo termo, não é ainda sentida, principalmente, pelas comunidades. A sensação é que o governo procura soluções de carácter efêmero, com impacto, é verdade, mas pouco duradouras. Creio que não existe nenhuma dúvida que o problema de TCP em Moçambique não é de diagnóstico. O conhecimento das raízes dos problemas, suas relações

de causas e efeitos, enfim, tudo que é necessário para um bom diagnóstico, já consta em diversos estudos já realizados e que não foram implementados. O problema, claramente, é de gestão.

As opções / soluções / recomendações, face à complexa panóplia de problemas, devem assim estar assentes no aprimoramento da gestão pública, na profissionalização e financiamento da operação, nos investimentos, no incentivo e protecção aos deslocamentos não motorizados e no melhoramento e priorização do sistema integrado dos transportes colectivos de passageiros. Devemos ter um programa que compreenda acções de curto, médio e longo prazo. A solução terá sempre uma complexidade espacial considerável, será assente em funções multiobjectivo e deverá ser dinâmica, no tempo e na afectação das linhas (rotas), de elevada complexidade. O transporte ferroviário, de autocarros de trânsito rápido (BRT), autocarros e de “chapas” tem que figurar na solução, a curto médio prazo, seja ela qual for, devendo prever três níveis de “estações/paragens” de autocarros. O primeiro nível compreende as conexões Comboio-Autocarro, o segundo as conexões de BRT e de transporte interprovincial ou intermunicipal e o terceiro, entre as conexões comuns de chapas e autocarro que servem principalmente como colectores de passageiros. O esforço de coordenação entre as instituições do Estado e privadas, entre os planos dos Municípios, dos Distritos Urbanos, Ministério dos Transportes, Províncias (cidade) e Administrações (Marracuene, Administração Nacional de Estradas, Caminhos Ferro Moçambique, etc.), preocupações da comunidade, empresas operadoras, a planificação territorial desenhada no plano Director da urbe e os beneficiários principais (trabalhadores, estudantes e informais) deve ser priorizada. Os operadores privados de transportes públicos de passageiros devem passar a ter estatuto de empresas de TCP. O subsistema de transporte dos trabalhadores do Estado, e não só, devem estar integrados no sistema geral de TCP, massificando ainda o passe escolar, criando condições para que as rotas passem a ser adjudicadas ao sector privado via concurso público - concessões, que o novo sistema de cobrança das tarifas seja por zonas e de forma integrada. É hoje, mais do que nunca, imperioso ter um único órgão, dotado de poderes de lei, que seja capaz de traduzir a política e estratégia do governo e das áreas metropolitanas, assegurando os interesses dos utentes (garantindo a estes os serviços de transporte público adequado e com tarifas sustentáveis) e, ao mesmo tempo, garantindo a viabilidade financeira a longo prazo das companhias de TCP.

REFERÊNCIAS

[1]-Matos, António; “Estratégia para implementação de um sistema de transporte público urbano. O caso da cidade de Maputo - Moçambique”, VI Congresso Luso Moçambicano de Engenharia, 2011.

[2]-Matos, António; Oliveira, Cavalcanti Oliveira e Silva, Jorge “Infra-estruturas urbanas. Experiências mundiais e desafios para Moçambique”, Ordem dos Engenheiros de Moçambique, INATTER, Maputo, Dezembro de 2012.

ARTIGO REF: 7015

A COMPLEXIDADE DA INFORMAÇÃO TÉCNICA NECESSÁRIA PARA A TOMADA DE DECISÃO NOS TRANSPORTES COLECTIVOS DE PASSAGEIROS URBANOS

António S. Matos^(*)

Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, Moçambique

^(*)*Email:* antoniomatos61@gmail.com

RESUMO:

O conceito de cidade modelo não deve ser interpretado como resultante de intervenções urbanísticas notórias. Cada vez mais assume-se que o mais importante é garantir o acesso e a cobertura dos serviços fundamentais das comunidades, em segurança e com justiça. A gestão urbana, voltada para a optimização da competitividade, está assim virada para priorizar os interesses colectivos. Cada bairro, cada distrito urbano, cada cidade tem as suas necessidades e aspirações peculiares registadas no seu ADN. Neste conceito, percebendo a importância da mobilidade e acessibilidade a partir de sistemas públicos de transportes de massa em meios urbanos, associadas a uma administração do trânsito que incremente o fluxo de veículos, há que fortalecer os organismos técnicos, a diferentes níveis de decisão, capazes de traduzir os anseios do colectivo.

A estratégia a assumir pode assentar em quatro grandes objectivos, nomeadamente, reequilibrar os modos de transportes existentes, suprimir (reduzir) os estrangulamentos, colocar os utentes no centro da política de transportes de passageiros e adoptar uma política concertada sustentável e eficiente que promova a segurança e protecção ambiental e a qualidade das infra-estruturas. Por exemplo, colocar o utente no centro da política de transportes, passa pela segurança na mobilidade, pela informação antes e durante a viagem e pela qualidade do serviço prestado. As medidas a tomar podem ser agrupadas ao nível dos mercados e preços, a governação (interoperabilidade e segurança rodoviária, criação de entidade reguladora para o transporte, simplificação do quadro regulamentar harmonizando regras e procedimentos, etc.), aos investimentos públicos e privados e à investigação e desenvolvimento tecnológico. Quando se equaciona esta panóplia de assuntos, discriminados como “os problemas de um sistema de transportes colectivos de passageiros num meio urbano”, há que ter um conjunto variado de informação técnica, muito importante, para alimentar um sistema de apoio à decisão.

A nível urbano ou metropolitano, o sistema de mobilidade e acessibilidade deve assim ser regulados por entidades públicas de âmbito local ou regional, a quem compete, entre outros, o planeamento das redes, a contratualização dos serviços de transporte e o financiamento da componente social não recuperável pelos operadores através dos sistemas tarifários. Este modelo de administração contribuirá ainda para a integração modal de forma eficiente das redes de transportes, dando-lhes coerência e condições de interoperabilidade.

Tendo em conta que o índice de desempenho de uma rede de transportes colectivos de passageiros, assenta, entre outros, pelos indicadores de rapidez, acessibilidade, custos, transbordos, conforto, satisfação da procura, ocorrência de viagens sem passageiros, tamanho da rede de linhas, etc., então há que saber produzir a informação necessária para os devidos cálculos. São assim necessárias outras informações vitais, para o planeamento dos transportes

urbanos, como por exemplo, a geração de viagens de uma região de origem para uma região de destino, a distribuição futura de viagens entre as diferentes regiões de uma cidade, partindo da matriz Origem Destino (O/D), índice de emissão de poluentes por parte dos autocarros e sua relação com o sistema total de transportes, intervalos de entre partidas (máximo e mínimo), índice de passageiros por Km médio de rede, procura total e procura não satisfeita, custo penalizado da rede (por transbordos, por tempo ou distância, por semaforização, etc.), etc.. Um programa de transportes deve conter ainda informações tais como, a verificação de todos os caminhos alternativos entre nodos da rede, o carregamento das linhas e índice de ocupação das linhas por picos e entre picos, tanto em termos absolutos (total de passageiros transportados) como relativos (percentagem), a comparação das diferentes alternativas de redes de linhas (na tentativa de se encontrar uma rede de mais baixo custo), a densidade de ocupação média (pessoas por m²), mínima (entre picos) e máxima (pico), a velocidade operacional máxima e mínima da rede (Km/h), o índice de satisfação da procura (máximo e mínimo), o índice de ocupação da rede, os factores de penalização (transbordo, tempo, distância, ocupação, não satisfação da procura) e de “recomendação” (facilidades intermodais, terminais, estacionamento, factor social), o custo médio de operação por veículo (mensal e por Km), o tempo de espera e o número de km de linhas de Bus (prioridade). Na análise do módulo de frota, é importante ter, pelo menos, as informações referentes à área útil do veículo (m²), tipo e idade do veículo, nº de lugares sentados, ruído e ventilação, rádio de teleposição e dados sobre se o condutor vende os bilhetes ou não? (afecta a velocidade comercial). Ao nível da administração e dos operadores é igualmente importante ter informação sobre as reclamações (registos de reclamações dos passageiros) distribuídas conforme codificação da rede, as solicitações (registos de solicitações dos passageiros) distribuídas conforme codificação da rede, os mapas da cidade divididos em unidades de planeamento e/ou regiões administrativas, pontos de embarque e desembarque incluindo apeadeiros por linha (rota) e sua localização georreferenciada dos pontos de embarque e desembarque para cada unidade de planeamento, frequência horária (frequência de viagens para cada linha, por faixa horária de 60 minutos) e registos de viagens (horários realizados) e passageiros transportados para dia útil de operação.

È igualmente muito útil, em todo este processo de recolha da informação técnica, perceber a percepção dos passageiros. Esta percepção deve ainda contribuir para a escolha dos melhores indicadores. Estes indicadores devem assim ser consistentes e representativos. Caso já existam experiências com os operadores, deve ainda ser realizada, por meio de análise documental, os contratos de concessão, a estruturação dos bancos de dados, bem como análise e tratamento estatístico de dados capturados, de modo a comparar a situação anterior com a futura. Os indicadores seleccionados devem igualmente ser agrupados e avaliados, por via de um procedimento analítico conceptual, pela relevância, adequação e mensurabilidade. A relevância indica os desejos e necessidades da maioria dos passageiros que se manifestaram sobre a qualidade dos serviços, seja através de reclamações, solicitações ou respostas às pesquisas de opinião. A adequabilidade é baseada em estudos nacionais e internacionais, cientificamente fundamentados, sendo passíveis de serem agrupados em índice-síntese e de serem alimentados por base informatizada de sistemas de informação. A mensurabilidade indica a capacidade de medir e da actualização dos dados.

REFERÊNCIAS

- [1]-Matos, António; “Estratégia para implementação de um sistema de transporte público urbano. O caso da cidade de Maputo-Moçambique”, Congresso CLME2011, Maputo (2011).
- [2]-Couto, Daniel “Regulação e controle operacional no TCP: Estudo de caso no município de Belo Horizonte”, Universidade Federal de Minas Gerais, Tese de mestrado, Julho de 2011.

ARTIGO REF: 7021

A RELEVÂNCIA DE UMA AGÊNCIA METROPOLITANA DE TRANSPORTES COLECTIVOS DE PASSAGEIROS URBANOS EM MOÇAMBIQUE

António S. Matos^(*)

Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, Moçambique

^(*)*Email:* antoniomatos61@gmail.com

RESUMO:

Não existe nenhuma dúvida que o problema de transportes colectivos de passageiros (TCP) em Moçambique não é de diagnóstico. O problema, claramente, é de gestão. Ele existe, é perfeitamente conhecido mas como fazer para resolvê-lo de imediato e de que forma proceder? Eis a questão! Os problemas dos TCP de Moçambique, em meios urbanos, estão associados, basicamente, às áreas de tecnologias, combustíveis, repartição modal, infra-estruturas e manutenção. Eles devem ser estruturados, analisados e implementadas as suas soluções alternativas a médio a longo prazo. Nunca a curto prazo, como por exemplo, num mandato eleitoral.

A criação de uma Autoridade Metropolitana de Transportes urbanos de passageiros, deverá ter sempre funções no planeamento de redes, no estabelecimento de contratos de concessão com operadores e no acompanhamento e fiscalização do cumprimento desses contratos (função reguladora). Esta Autoridade deverá sempre surgir por via do estabelecimento de acordos com Municípios e/ou Administrações locais, Associações de Municípios ou áreas metropolitanas, apadrinhada pelo Governo central. Para Moçambique, esta Autoridade terá como principal objectivo, a mobilidade sustentável. É fundamental a colaboração com os Municípios e as entidades que tenham a seu cargo o ordenamento do território com o fim de endogeneizar a preocupação da mobilidade sustentável.

A construção e exploração das infra-estruturas de transporte são promovidas por via do estabelecimento de parcerias com o sector privado, assegurando assim uma maior eficiência de gestão e promovendo o sector privado enquanto gerador de emprego e de riqueza. De notar que o sector privado não deverá beneficiar de situações de monopólio criadas pelos próprios contratos de concessão a vários níveis.

O modelo de financiamento do sistema integrado de transporte assenta na definição, aprovação e operacionalização de um conjunto de taxas a serem cobradas aos beneficiários directos e indirectos do sistema, designadamente, na co-participação dos Municípios através da colecta do valor dos manifestos (Imposto Autárquico, predial e de Veículos), na taxa municipal de transportes (recai sobre as empresas que operam), na taxa sobre portagens, nas receitas próprias a serem geradas pelo próprio sistema (venda de passagens, receitas de exploração de infra-estruturas e publicidade), nas parcerias público privadas e no orçamento geral do Estado, sempre que se justificar.

A exploração de serviços de transporte é responsabilidade preferencial dos operadores privados. A Autoridade de transportes, deverá, por razões conjunturais ou estruturais, assegurar que, directa ou indirectamente, existirá sempre a prestação dos serviços mínimos que garantam a coesão e a equidade dentro do território nacional. As tarifas que remuneram

os serviços de transporte serão estabelecidas de acordo com o funcionamento de um mercado de concorrência, competindo à Autoridade de transportes, prevenir distorções decorrentes de situações de monopólio. As tarifas praticadas não poderão nunca ser inibidoras do uso do transporte público pelas camadas da população menos favorecidas, competindo à Autoridade de transportes estabelecer formas de o garantir.

No caso de Maputo, a área metropolitana Maputo (AMM) deve comportar municípios Maputo, Matola, Boane e Administração de Marracuene. Estas áreas contêm, neste momento, vários decisores de TCP, a diferentes níveis, excluindo o papel dos Presidentes e das Assembleias. A presença de vários órgãos na AMM a “mandar” no sistema TCP, aumenta redundâncias administrativas inúteis e afecta gravemente o grau de operacionalidade, de efectividade e do seu desempenho. Propõe-se assim, que as medidas agrupadas pela Autoridade de Transportes, estejam agrupadas em quatro categorias, nomeadamente, das concessões e preços, da governância, dos investimentos públicos e privados e da investigação e desenvolvimento tecnológico.

É urgente criar condições para que os “Chapas” passem a ter um estatuto de empresas de transporte. A Autoridade pode apoiar esta transformação. Só com estas empresas (cooperativas, associações?) é que se assistirá ao sucesso, uma vez que a componente operacional ainda necessita de veículos de menor capacidade e de maior agilidade e manobrabilidade nas zonas rurais de difícil acesso. É importante e necessário incorporar diversas formas de transporte e diferentes operadores na rede. É igualmente importante que a Autoridade de Transportes verifique o papel das instituições do Estado (Ministérios, Institutos, Empresas Públicas, etc.) que exercem, actualmente, a função de transportadores de passageiros. Essas instituições devem proteger os seus trabalhadores aderindo ao renovado sistema de transportes de passageiros da AMM, dotado de maior confiança e rigor no cumprimento dos seus horários. Deve-se ainda criar condições para massificar o passe escolar em especial para o ensino primário e secundário.

Em síntese, esta Autoridade deverá apelar, a todos os actores do TCP a uma salutar convergência de interesses. As discordâncias são sempre pontuais ou momentâneas, comparadas com a oportunidade desperdiçada. Apela-se assim, à construção de uma visão metropolitana de futuro, à transformação da nossa capital numa referência nacional que abra caminho para a solidificação de um modelo de eficiência que interessa a todos, principalmente aos cativos do sistema TCP. Apela-se ainda à rara compreensão, esforço e iniciativas concretas para a melhoria da mobilidade provocando maior sustentabilidade e confiança no sistema TCP. Dada a complexidade do problema TCP e às diferentes características dos operadores ao longo do País, o discurso deve ser sempre o de unir forças dentro de um mercado onde há lugar para todos. Investir em transportes é investir nos problemas sociais que a cidade enfrenta, é dar prioridade ao interesse colectivo.

REFERÊNCIAS

- [1]-Matos, António; Palestra sobre “Transporte colectivo de passageiros em Maputo. Principais actores e os seus deveres e responsabilidades”, Maputo, Novembro 2015.
- [2]-Ourém, Município “Acessibilidades, Mobilidade e Transportes. Revisão do plano Director municipal do município de Ourem”, Município de Ourem, Dezembro de 2012.

ARTIGO REF: 7036

PISTA E SIMULADOR DE ENSAIOS ACELERADOS SOBRE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

Vítor Antunes^{1(*)}, Paulo Fonseca¹, João Afonso², Luís Gomes², Luís Picado-Santos³, Ana Cristina Freire⁴, José Neves³, Hugo Silva⁵, Maria de Lurdes Antunes⁴, Paulo Pereira⁵

¹Elevation Engenharia e Construção S.A., Área Técnica e da Inovação - Amadora, Portugal

²Mota-Engil Engenharia e Construção S.A. - Porto, Portugal

³Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa, CERIS, CESUR - Lisboa, Portugal

⁴Laboratório Nacional de Engenharia Civil - Lisboa, Portugal

⁵Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil - Guimarães, Portugal

^(*)*Email:* vitor.antunes@elevogroup.com

RESUMO

O desenvolvimento e crescimento económico de um país encontra-se, em muito, relacionado com o grau de desenvolvimento e eficiência da rede de transportes existentes. Além disto, esta permite ainda uma aproximação das populações contribuindo assim para a integração regional. Este último, mas também o anterior, é fortemente influenciado pela existência de uma rede de proximidade, geralmente, providenciado pela infraestrutura rodoviária (Mubila et al. 2014). Os elevados custos associados à construção, manutenção e reabilitação de infraestruturas rodoviárias combinados com a sustentabilidade podem conceder às soluções adotadas uma minimização dos impactos sociais e ambientais, o que justifica assim a necessidade de otimização e racionalização dos fundos e recursos naturais despendidos.

O comportamento ao longo do ciclo de vida de uma solução de pavimento rodoviário é influenciado por dois fatores principais: 1) que diz respeito à adequabilidade do dimensionamento ao real comportamento aquando em serviço; 2) a qualidade construtiva. O primeiro é realizado em função do tráfego, clima e fundação existente, considerando os vários tipos de materiais e soluções construtivas, para um determinado período de vida durante o qual a estrutura de pavimento deverá oferecer uma adequada qualidade de circulação do tráfego. O segundo depende essencialmente da experiência e da adequabilidade dos equipamentos utilizados na fase de execução.

De forma a calibrar e prever da melhor forma as incertezas associadas aos modelos de dimensionamento e análise de soluções de pavimento foram desenvolvidos sistemas de ensaios acelerados de pavimentos, visto que anteriormente a estes apenas era possível aferir o comportamento do pavimento a longo prazo, através da observação ao longo do tempo de uma estrutura de pavimento aberta ao tráfego (Hugo & Martin 2004).

Os ensaios acelerados sobre pavimentos rodoviários correspondem à aplicação controlada de um carregamento, através de uma roda normalizada e a velocidade controlada, sobre uma ou várias soluções de pavimento construídas para o efeito, ou mesmo num pavimento em serviço de forma a avaliar o seu comportamento e evolução do dano sobre condições controladas e de forma acelerada, obtendo-se assim os resultados num curto período de tempo.

Desta forma, no âmbito do Projeto de I&D “Tropical-PAV - Soluções de Pavimentação Rodoviária para Climas Tropicais”, foi construída uma infraestrutura (ver Fig. 1) no interior de um pavilhão existente no campus do Laboratório Nacional de Engenharia Civil, de forma a ser possível realizar ensaios acelerados à escala real sobre soluções de pavimentos. Nesta

estrutura foi aplicado um Simulador de Ensaios Acelerados sobre Pavimentos Rodoviários (SEAPR) de forma a solicitar as estruturas de pavimento em estudo. Na Tabela 1 apresentam-se as principais características do SEAPR e da pista de ensaios.

Tabela 1. Características técnicas do Simulador de Tráfego

Pista de ensaios		Velocidade máxima [km/h]	Carga vertical [kN]	Movimento da roda		Velocidade movimento lateral [mm/s]	Pneus tipo	
Comprimento [m]	Largura [m]			Vertical [mm]	Lateral [mm]		Simplex	Duplo
12	3	20	0 a 95	≥ 80	±250	≤ 20	385R22,5	245R17,5

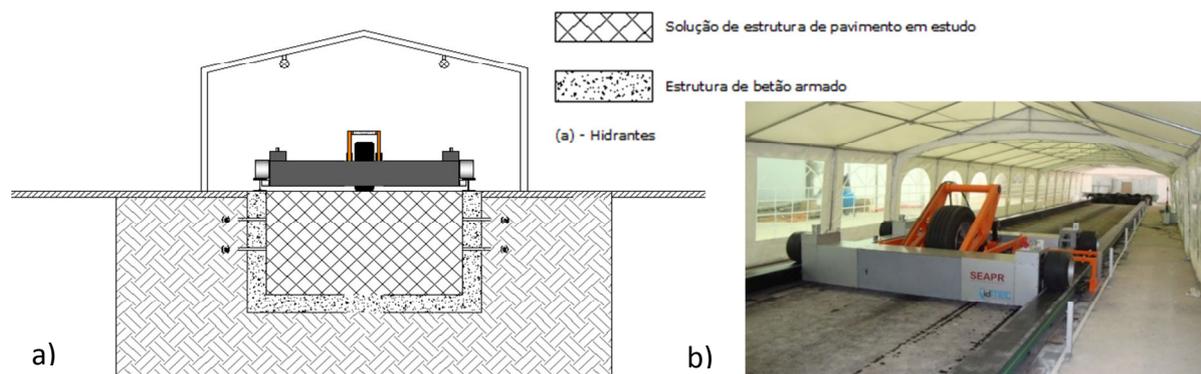


Fig. 1 - Pista e simulador de ensaios acelerados sobre pavimentos rodoviários: a) corte esquemático; b) fotografia da instalação

Na infraestrutura encontram-se atualmente em estudo 4 soluções de pavimentação rodoviária que foram construídas tendo por base a atual prática aplicada dos países africanos de expressão portuguesa, sendo seguidas as especificações das SATCC (Division of Roads and Transport Technology 2010). As soluções em estudo contemplam a utilização de duas soluções construtivas em solos tratados com cimento: uma com uma camada única de 30 cm e outra com duas camadas de 15 cm realizadas em duas operações de estabilização e posterior compactação. Sobre estas foram aplicadas duas soluções de camada betuminosa, uma de mistura betuminosa do tipo AC14surfBB50/70 com 6 cm de espessura e outra com uma solução de Revestimento Superficial Duplo e sobre esta, uma camada de 4 cm do mesmo tipo de mistura betuminosa da solução anterior.

Este artigo apresentará uma descrição de todas as características e potencialidades do simulador assim como algumas das principais conclusões obtidas até ao momento.

REFERÊNCIAS

- [1]-Division of Roads and Transport Technology, 2010. Technical Specifications for Roads and Bridges Construction (in Portuguese), Pretoria, South Africa.
- [2]-Hugo, F. & Martin, A.L.E., 2004. Significant Findings from Full-Scale Accelerated Pavement Testing; NCHRP Synthesis 325, Available at: <http://www.nationalacademies.org/trb/bookstore>.
- [3]-Mubila, M., Moolman, A. & Zyl, W. Van, 2014. Study on Road Infrastructure Costs: Analysis of Unit Costs and Cost Overruns of Road Infrastructure Projects in Africa., p.40. Available at: http://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Publications/Study_on_Road_Infrastructure_Costs_Analysis_of_Unit_Costs_and_Cost_Overruns_of_Road_Infrastructure_Projects_in_Africa.pdf.

PROCEEDINGS

CLME2017 / V CEM

8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia
V Congresso de Engenharia de Moçambique
Maputo (Moçambique), 4-8 Setembro 2017

SIMPÓSIO-11

Experiências e Desafios do E-Government e da Usabilidade

Coordenadores

Domingos Rhongo^{1(*)}, Ana de Almeida^{2(*)} e Nuno David^{2(*)}

¹Universidade Católica, Moçambique

²ISCTE, Portugal

^(*)Editores Associados para os artigos deste Simpósio

ARTIGO REF: 6579

ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO: UMA ABORDAGEM SOBRE A SUSTENTABILIDADE

Poliana A. Fajardo^(*), Nemésio N.B. Salvador, Bernardo A.N. Teixeira

Universidade Federal de São Carlos, Depart. Eng^a Civil, São Carlos, Brasil

^(*)*Email:* poliarruda@gmail.com

RESUMO

Em 2012, a Declaração final da Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (“O Futuro Que Queremos”) destacou a água e o saneamento como uma de suas “áreas temáticas”, evidenciando-os como um dos maiores problemas ambientais e de saúde pública mundiais ainda no século XXI. Assim, é necessário que as Estações de Tratamento de Esgotos sanitários (ETEs), que também podem ser fontes de impactos e poluição ambiental, proporcionem à população o acesso a serviços de qualidade e considerem a sustentabilidade como base para todas as atividades correlatas. Neste contexto, o presente trabalho realiza uma análise em relação às ETEs sob a perspectiva de quatro dimensões conceituadas por Sachs (2002) - social, cultural, econômica e política (nacional). A análise destas dimensões, respeitando-se as peculiaridades de cada estação, pode evidenciar com mais clareza as dificuldades enfrentadas pelas administrações das ETEs e colaborar para o surgimento de estações e de cidades mais sustentáveis.

INTRODUÇÃO

A partir da comparação de dois textos, um de 1921 e outro de 1972, Topalov (1997) realiza uma discussão sobre a visão do discurso do planejamento racional, fortemente presente no início do século XX, e a apresentada pelo discurso ambientalista, enfatizado na segunda metade desse mesmo século. O texto de 1921 é dos autores do *Regional Plan of New York*, operação pioneira de estudo sistemático de uma grande metrópole; já o segundo é de um membro do Clube de Roma, no prefácio que escreveu para a edição francesa de *The Limits to Growth* (“Os limites do crescimento”), *Halte à la croissance?*, em 1972.

De acordo ainda com Topalov (1997), ambos os textos possuem em comum o embasamento na ciência, mas se opõem em todo o resto, como na escala utilizada, por exemplo. A escala do discurso planejador é a cidade ou a região metropolitana; além disso, este é dirigido às autoridades administrativas correspondentes. Já a escala do discurso do ambientalista é o planeta e dirige-se a toda a humanidade. Realizando estas comparações, o autor insurge e analisa a seguinte questão: “seremos, hoje, as testemunhas de uma ruptura cognitiva e prática de amplitude comparável à da substituição de um paradigma por outro?” e destaca ainda haver evidências desta substituição, com a passagem de um consenso histórico sobre o planejamento racional para outro sobre a salvaguarda do meio ambiente.

A partir destas reflexões realizadas por Topalov (1997) pode-se afirmar que, embora as preocupações humanas com as questões ambientais tenham aumentado gradativamente ao longo do tempo, o século XX talvez tenha sido um momento histórico simbólico, em que os anseios e a necessidade por mudanças quanto a questões ambientais ficaram mais evidentes e marcaram novas posturas.

Este fato é corroborado pelo o que afirmam Silva et al. (2010), segundo os quais, embora a literatura confirme que as preocupações de cunho ambiental se originaram há alguns séculos, os questionamentos mais enfáticos e socialmente articulados começaram a vir à luz a partir das décadas de 1960 e 1970, surgindo em 1987 no Relatório Brundtland (ou *Our Common Future* - “Nosso Futuro Comum”) o termo “desenvolvimento sustentável”, que associa o desenvolvimento econômico ao conceito de sustentabilidade e apresenta essencialmente uma preocupação intra e intergeracional.

No que se refere à sustentabilidade, pode-se afirmar que, apesar de não existir uma definição consensual do termo, este se remete comumente a uma preocupação sistêmica quanto às questões ambientais, sendo frequentemente dividido e analisado sob várias dimensões, que se integram e interagem.

Destacam-se neste sentido as dimensões da sustentabilidade propostas por Sachs (2002), segundo o qual, embora muitas vezes o termo sustentabilidade seja utilizado para expressar a sustentabilidade ambiental, o conceito possui diversas outras dimensões, como: social, cultural, territorial, econômica e política (nacional e internacional).

A análise das dimensões da sustentabilidade pode servir como diretriz e facilitar diversas práticas que visem à preservação e a conservação ambientais. Entre estas práticas, estão as que se referem às Estações de Tratamento de Esgoto sanitário (ETEs), importantes elementos do saneamento básico. Isto porque as ETEs, como quaisquer atividades humanas, necessitam de insumos para funcionar e geram resíduos e rejeitos durante sua operação; logo, podem também gerar impactos ambientais significativos e causar danos às populações no meio urbano.

Assim, este trabalho tem por objetivo realizar uma discussão sobre as ETEs sob a perspectiva das dimensões social, cultural, econômica e política (nacional) da sustentabilidade, de acordo com o que propõe Sachs (2002). Esta abordagem, segundo Silva e Pavezzi-Netto (2010), aponta a importância do olhar para essas diferentes dimensões como método de orientação, seja para a análise ou para estruturação da ação.

DIMENSÕES SOCIAL, CULTURAL, ECONÔMICA E POLÍTICA DA SUSTENTABILIDADE RELACIONADAS A ETEs

Em junho de 2012 ocorreu no Brasil a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, conhecida como “Rio +20”. A Declaração final do evento, “*The future We Want*” (“O futuro Que Queremos”) destacou 38 itens como “Esferas temáticas”, entre estas, o saneamento básico.

É necessário, portanto, que todos os componentes do saneamento básico, entre estes, as ETEs, estejam permanentemente habituados a realizar suas atividades em concordância com as

dimensões da sustentabilidade, de maneira a promover sempre um equilíbrio entre estas dimensões, sem que se enfatize demasiadamente a dimensão ambiental.

Sachs (2002) considera a existência das seguintes dimensões da sustentabilidade, que estão vinculadas e se integram: social, cultural, ambiental, territorial, econômica, política (nacional) e política (internacional). Assim, os critérios adotados pelo autor para as quatro dimensões consideradas no presente trabalho são:

- Sustentabilidade social: o autor considera critérios, como o alcance de um patamar razoável de homogeneidade social, a distribuição de renda justa, emprego pleno e/ou autônomo com qualidade de vida decente, igualdade no acesso aos recursos e serviços sociais.

- Sustentabilidade cultural: mudanças no interior da continuidade (equilíbrio entre respeito à tradição e inovação), capacidade de autonomia para a elaboração de um projeto nacional integrado e endógeno (em oposição às cópias servis dos modelos alienígenas), autoconfiança combinada com abertura para o mundo.

- Sustentabilidade econômica: desenvolvimento econômico intersetorial equilibrado, segurança alimentar, capacidade de modernização contínua dos instrumentos de produção, razoável nível de autonomia na pesquisa científica e tecnológica, inserção soberana na economia internacional.

- Sustentabilidade política (nacional): democracia definida em termos de apropriação universal dos direitos humanos, desenvolvimento da capacidade do Estado para implementar o projeto nacional, em parceria com todos os empreendedores e desenvolvimento de um nível razoável de coesão social.

Desta maneira, a seguir é realizada uma discussão sobre as dimensões social, cultural, econômica e política (nacional) da sustentabilidade para ETEs de acordo com o que propõe Sachs (2002). Estas reflexões ocorreram partir de resultados apresentados no trabalho de Fajardo (2014) e de outras observações na ETE Monjolinho, São Carlos, São Paulo, Brasil.

Dimensão social da sustentabilidade em ETEs

A dimensão social da sustentabilidade no contexto das ETEs inclui vários aspectos.

Parte-se do pressuposto de que deve haver equidade de acesso de toda a população quanto aos benefícios gerados pelo tratamento de esgoto sanitário e que eventuais impactos ambientais negativos causados devem ser evitados ou minimizados de maneira igual para toda a população.

Podem-se citar como exemplos de benefícios as redes coletoras de esgoto e o próprio tratamento de esgoto sanitário, que devem existir para todos os bairros de uma cidade; e como exemplo de impacto negativo, decorrente principalmente de tratamentos anaeróbios, a existência de odores ofensivos em bairros próximos às ETEs ou em bairros mais distantes que também são atingidos devido às correntes de ar: o ideal seria que nenhum bairro fosse prejudicado por esses odores.

Segundo o IBGE (2008), a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008 mostra que, embora 55,2% dos municípios possuíssem rede coletora naquele ano, também mais da metade dos domicílios (56%) não tinha acesso real a estas redes, o que significa, portanto, um déficit de atendimento a todos os bairros. Este fato também é observado em relação ao tratamento de esgoto sanitário, pois em muitos municípios o atendimento não é realizado em todos os bairros. Considerando-se a dimensão social da sustentabilidade, é de suma importância que a questão do atendimento seja resolvida.

A comunicação interna também é importante para que haja melhor resolução de problemas de operação, manutenção e demais aspectos de gerenciamento de uma ETE e, conseqüentemente, melhores possibilidades de equidade de acesso aos benefícios e à resolução de impactos ambientais negativos por toda a população.

Entre os materiais e as estratégias que podem facilitar a comunicação interna podem-se citar: *check-lists* e manual de operação para a verificação e comunicação de problemas, assim como quadros de aviso, sistema de Intranet, e-mails, boletins informativos e comunicação direta (por meio de reuniões regulares de grupos de trabalho, por exemplo).

É fundamental também a comunicação externa, por proporcionar canais de diálogo com a população. Esta comunicação pode ser realizada por meio de sites, blogs, redes sociais, mídia impressa e televisiva, rádio, entre outros, de maneira a proporcionar melhores informações não somente quanto ao tratamento de esgoto sanitário realizado, como também sobre outras atividades das estações.

A formação de recursos humanos é fundamental para o bom funcionamento das ETEs e, portanto, para a contemplação da dimensão social da sustentabilidade por elas. Assim, é importante a realização frequente de treinamentos e de cursos voltados à operação, manutenção preditiva e preventiva, bem como para a absorção de novas tecnologias e inovação em tratamento de esgotos. São importantes também os treinamentos e cursos que se dediquem à adequada comunicação de problemas técnicos, aspectos de Educação Ambiental que facilitem a execução de projetos junto à sociedade, manejo de substâncias químicas, respostas a emergências, entre outros.

É importante que haja inclusão e formação de recursos humanos nas ETEs por meio de cursos e treinamentos, que devem possibilitar aos funcionários a percepção da importância de se evitar possíveis impactos ambientais negativos associados às atividades que desempenham, bem como a importância do adequado funcionamento das estações, questões fundamentais, portanto, da dimensão social da sustentabilidade.

Duarte (2015) realizou uma pesquisa qualitativa sobre os obstáculos à sustentabilidade, por meio da análise dos pontos de vista de um grupo de funcionários de organizações brasileiras que se declaram sustentáveis. Entre as principais barreiras identificadas no estudo, estava a falta de clareza do conceito de sustentabilidade, o que reforça a importância da realização de cursos pelos funcionários também no que se refere especificamente ao tema.

Outro fator importante sob a perspectiva da dimensão social é a saúde e segurança do trabalho dos funcionários, que no Brasil é regulada por normas do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE).

Deste modo, tornam-se relevantes a caracterização dos resíduos e rejeitos gerados pelo tratamento realizado pela ETE, como é realizada sua remoção (se de forma manual ou

mecanizada), onde e como é efetuado o armazenamento desses resíduos e rejeitos (se há presença de vetores e proximidade prolongada com os operadores da estação), como é feito o transporte e qual o destino, não somente para resíduos como o lodo, como também para aqueles que possam ser gerados em laboratórios eventualmente existentes nas ETEs.

A atenção a questões de saúde e segurança do trabalho também deve se voltar para o fornecimento, pela administração das ETEs, de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) adequados e seu uso pelos trabalhadores e visitantes da estação, a presença de mapa de riscos e equipamentos de segurança (com a devida manutenção), identificação e monitoramento de fontes de ruído (como, por exemplo, aqueles causados por compressores de ar e por centrífugas para a desidratação do lodo) e sua intensidade, presença de gases ofensivos que possam causar incômodos ou problemas de saúde nos funcionários e na população, sinalização e iluminação da ETE, armazenamento adequado de substâncias químicas, entre outras medidas.

De acordo com a Fundação Nacional de Saúde - FUNASA (2007), existe um grande número de doenças relacionadas ao destino inadequado dos dejetos humanos e que, portanto, podem ser transmitidas pelo esgoto bruto. Entre as várias doenças, podem-se citar as febres tifoide e paratifoide, cólera, hepatites A e E, amebíase e também a diarreia aguda, que pode ser causada por diferentes tipos de bactérias, vírus e protozoários. Ainda, de acordo com FUNASA (2007), a ingestão de alimentos diretamente contaminados pelas mãos é o principal modo de transmissão das diarreias infecciosas. Estes fatores reforçam a importância do cuidado com a saúde e segurança do trabalho no âmbito da dimensão social da sustentabilidade.

A busca pela resolução efetiva de problemas nas estações que gerem impactos ambientais negativos é outra questão importante, diretamente vinculada à melhor qualidade de vida, como os itens anteriores, devendo-se evitar soluções paliativas. No caso dos odores ofensivos gerados frequentemente em ETEs submetidas ao tratamento anaeróbico e que podem se propagar pelos bairros de uma cidade, por exemplo, verifica-se a adoção de alternativas como a adição de substâncias químicas ao esgoto durante o tratamento (Cloro férrico, cal, etc), que são, entretanto, apenas paliativas e não efetivas. O ideal é que se busque a solução efetiva de impactos ambientais negativos como estes.

Dimensão cultural da sustentabilidade em ETEs

A dimensão cultural é muito importante para todas as ações referentes à sustentabilidade das ETEs. Considerando-se as culturas locais, as tecnologias das ETEs devem ser divulgadas de modo acessível e facilmente compreensível.

Para isto, podem ser utilizados documentos, como fotos de satélite, que mostrem o panorama da ETE, com corpos hídricos e mata próximos; fotos e outros materiais iconográficos que demonstrem as fases líquida e sólida e seus percursos pelas unidades de tratamento; materiais que mostrem os insumos utilizados e a destinação de seus efluentes, resíduos e rejeitos; e ainda definições, apêndices e anexos que possam promover melhor entendimento dos processos das estações. O ideal é que esses documentos sejam acessíveis a toda a população, atendendo às culturas locais e à dimensão cultural da sustentabilidade.

A cultura local também deve ser considerada para a realização de programas e projetos de Educação Ambiental, seja com escolas ou com a comunidade. Isto permitiria a análise de sua viabilidade e a possibilidade de menores dificuldades para a mudança de hábitos da população quanto ao tratamento de esgoto sanitário (como por exemplo, a diminuição de ligações pluviais clandestinas e de esgoto bruto gerado).

É fundamental que se abordem nesses programas e projetos a flora - e os problemas que podem surgir decorrentes da presença de plantas exóticas -, fauna, recursos hídricos e a importância das matas ciliares, entre outros temas, o que pode ser realizado por meio de parcerias com escolas, universidades, Organizações Não-Governamentais (ONGs) e outras instituições. Outro aspecto importante é a inclusão dos funcionários das ETEs em projetos de treinamento e de Educação Ambiental, pois integram a população e estão vinculados fortemente às estações.

Conhecer a cultura local também é importante para a análise da adoção de novas formas de tratamento de esgoto. Existem formas de se reaproveitar o esgoto sanitário tratado para consumo humano, como sob a forma de água potável, após o devido tratamento. As tecnologias empregadas possuem custos elevados e seria de extrema importância, portanto, que se respeitasse as culturas locais, se consultasse e se estabelecesse o diálogo com a população sobre como funcionam esses tipos de tratamento, para que haja maiores possibilidades de aceitação, pois como demonstrou Duarte (2015) a resistência à mudança é um dos obstáculos à sustentabilidade. Assim, como certamente ocorrerá diversas vezes, a dimensão cultural relaciona-se fortemente com as dimensões política e econômica.

Dimensão econômica da sustentabilidade em ETEs

Já na dimensão econômica, destacam-se: custos aceitáveis do tratamento e a busca constante pela sua redução, a geração eficiente de empregos locais, ações que evitem a concentração de renda em poucas organizações - de maneira a proporcionar então a máxima distribuição de renda (como por exemplo, entre empresas prestadoras de serviços) -, e a garantia de recursos financeiros para a execução de programas e projetos, como os de gestão e educação ambientais.

No que se refere à busca pela redução de custos do tratamento, é necessário que haja um conhecimento profundo pelas administrações das ETEs de todo o processo e os problemas mais frequentes, sendo que vários fatores podem colaborar para essa redução, como: o conhecimento das quantidades utilizadas de insumos para o tratamento, o conhecimento detalhado das quantidades geradas de resíduos e rejeitos, a minimização ou resolução de impactos ambientais negativos, incentivo à intensificação de impactos ambientais positivos, menor utilização de energia elétrica e a existência de manutenções preditivas e preventivas, bem como de respostas a emergências e planos alternativos a problemas de operação.

O conhecimento das quantidades utilizadas de insumos para o tratamento de esgoto sanitário em determinado período (mês, por exemplo) pode promover a otimização na utilização de substâncias químicas, seja pela utilização de quantidades mais adequadas, substituição por outras substâncias ou mesmo como resultado de campanhas de Educação Ambiental junto à

população, capazes de promover a geração de menores quantidades de esgoto bruto (e, conseqüentemente de substâncias químicas a serem utilizadas durante o tratamento).

Já o conhecimento detalhado das quantidades geradas de resíduos e rejeitos - principalmente de rejeitos sólidos gradeados, rejeitos sólidos de desarenadores e lodo, tipicamente os mais abundantes - é importante para que se saibam quais os custos com transporte e disposição, que geralmente são calculados por tonelada desses resíduos e rejeitos. Neste sentido, é importante também que se busquem frequentemente junto a universidades, demais instituições e em experiências de outras ETEs, alternativas à destinação de resíduos e rejeitos, que também podem promover uma redução significativa de custos.

A minimização ou resolução de impactos ambientais negativos previstos ou não em estudos prévios, como em Estudos de Impacto Ambiental (EIAs) exigidos para ETEs no processo de licenciamento ambiental brasileiro, podem evitar gastos maiores futuros decorrentes do agravamento desses impactos, isto é, o quanto antes estes forem resolvidos ou minimizados, melhor economicamente.

Da mesma forma, o incentivo à intensificação de impactos ambientais positivos pode também possibilitar ganhos econômicos, como premiações oferecidas por órgãos governamentais.

No caso de uma menor utilização de energia elétrica, vários mecanismos podem ser utilizados. Em tratamentos anaeróbios, em que é produzido biogás, pode-se reaproveitar o gás metano (CH₄) para a produção de energia, a exemplo do que acontece em aterros sanitários, como na cidade de São Paulo/SP, Brasil, por exemplo. Além da economia com gastos em energia elétrica, a ETE pode ainda lucrar com seu ingresso no mercado de créditos de carbono; é importante, entretanto, que sejam realizados estudos para que se analise a viabilidade técnica, econômica e financeira do reaproveitamento de metano, embora esta seja uma ótima alternativa para este gás, um dos mais nocivos para a intensificação do Efeito Estufa.

Outra alternativa para a redução de gastos com energia elétrica seria a substituição de peças, equipamentos e a adoção de algumas ações em prédios administrativos, como a utilização de lâmpadas fluorescentes ou, uma opção ainda melhor ambiental e economicamente, de Diodo Emissor de Luz (*Light Emitting Diode - LED*).

A economia nas ETEs pode ser promovida também pela redução de gastos com manutenção e operação. Assim, é importante a realização de manutenções preditivas e preventivas, bem como a existência de planos alternativos para o mau funcionamento simultâneo de equipamentos (como por exemplo, em casos em que todas as centrífugas utilizadas para desaguamento de lodo estiverem em manutenção).

Dimensão política da sustentabilidade em ETEs

Na dimensão política da sustentabilidade é importante a gestão transparente das ETEs: a documentação deve ser acessível, de fácil localização para consulta de funcionários (pode-se para isto utilizar também um sistema eletrônico de documentação), população e demais interessados externos.

A participação dos funcionários para a resolução ou minimização de problemas de gerenciamento (como os de manutenção e operação e impactos ambientais negativos), bem como para a melhoria dos serviços, programas e projetos, também deve ser estimulada, de maneira a contribuir para tomadas de decisão.

Sob a perspectiva política, as administrações das ETEs devem dedicar especial atenção ao cumprimento de leis e resoluções municipais, estaduais e federais, além de normas obrigatórias ou não (como por exemplo, as normas não obrigatórias da *International Organization for Standardization* - ISO). É importante também que haja o acompanhamento constante de eventuais mudanças na legislação e nessas normas.

Assim como o cumprimento da legislação, é importante também a articulação política junto ao poder legislativo das cidades, para a elaboração de leis que criem conselhos para a área de saneamento básico, entre estes, conselhos que tratem de questões específicas das ETEs. Neste sentido, também é fundamental a articulação política para a criação de fóruns para o estabelecimento de diálogo com movimentos sociais. Conselhos e fóruns podem auxiliar nas tomadas de decisão para a resolução de problemas que afetam a população e no aprimoramento dos trabalhos desenvolvidos nas ETEs.

Ainda, a existência de conselhos e fóruns é fundamental para a promoção da participação popular, aspecto de suma importância para a dimensão política da sustentabilidade, pois não somente auxilia em tomadas de decisão como permite o controle social da gestão das ETEs, com o estabelecimento de acordos sociais que, como apontam Silva e Pavezzi-Netto (2010), implicam, *a priori*, no reconhecimento e respeito às diferenças e aos conflitos, partes do fazer democrático.

A existência de conselhos e fóruns é de fundamental importância, pois como constatou Duarte (2015), dois dos obstáculos à sustentabilidade são a ausência de uma discussão mais ampla, menos reducionista do assunto, bem como a interferência política nas organizações, que dificultam a abordagem de práticas mais sustentáveis.

CONCLUSÕES

Duas grandes questões em relação às ETEs que precisam ser consideradas atualmente são: proporcionar a toda a população o acesso a serviços de boa qualidade e considerar a sustentabilidade como base para todas as atividades correlatas.

Há um desafio a ser enfrentado quanto a estas duas questões, no entanto, como apontam Silva et al. (2010). Trata-se da superação das diferenças entre as dinâmicas natural e a social, pois: embora interajam constantemente, enquanto a primeira ocorre de uma forma globalmente interligada, a segunda é caracterizada pela disputa, individualidade e competição. Enfrentar esta contradição típica da sociedade atual é fundamental para que sejam prestados serviços de boa qualidade e que se considere de forma concomitante a sustentabilidade como sua base.

Assim, a análise das dimensões da sustentabilidade, como aquelas propostas por Sachs (2002), pode evidenciar com mais clareza as dificuldades enfrentadas pelas administrações das ETEs atualmente e auxiliar nas diretrizes para que se enfrente esse desafio, de maneira a colaborar para o surgimento de estações e de cidades mais sustentáveis. Perpassa a todas as

quatro dimensões abordadas neste trabalho, a melhoria contínua dos processos e a utilização de indicadores ambientais e sociais para esta finalidade.

Neste sentido, é necessário que cada estação seja analisada criteriosamente, uma vez que cada ETE possui características diferentes, mesmo que possua modos de tratamento de esgoto semelhante a outras estações.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro concedido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, Brasil.

REFERÊNCIAS

[1]-Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Declaração final da Conferência das Nações Unidas sobre desenvolvimento sustentável (RIO + 20): O futuro que queremos, 2012. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/61AA3835/O-Futuro-que-queremos1.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2016.

[2]-Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento: Nosso futuro comum. Rio de Janeiro: FGV, 1988.

[3]-Delaunay, J., Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., Behrens III, W. W. Halte à la croissance? Enquête sur le Club de Rome et Rapport sur le limites de la croissance. Paris: Fayard, 1972. 317 p.

[4]-Duarte, F. P. Barriers to sustainability: an exploratory study on perspectives from brazilian organizations. Sustainable Development, v. 23, pp. 425 - 434, 2015.

[5]-Fajardo, P. A. Proposta de instrumentos para a realização de Análise Ambiental Inicial em ETEs à luz da NBR ISO 14001:2004: o caso da ETE Monjolinho, São Carlos-SP. 231 p, Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - SP, 2014.

[6]-Fundação Nacional de Saúde. Manual de Saneamento: normas e diretrizes, 3. ed. Fundação Nacional de Saúde. Brasília. 408 p, 2007.

[7]-IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2008. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/>. Acesso em: 05 dez. 2016.

[8]-Sachs, I. Caminhos para o desenvolvimento sustentável, 4 ed. Garamond, Rio de Janeiro, 2002.

[9]-Silva, R.S.; Pavezzi-Netto, M. Características, Dimensões e Princípios da Sustentabilidade. UFSCar/ Departamento de Engenharia Civil, São Carlos. Notas de Aula, 2010.

[10]-Silva, R.S.; Silva, S.R.M.; Teixeira, B.A.N.; Moraes, F.T. Evolução Histórica do Conceito de Sustentabilidade, UFSCar/ Departamento de Engenharia Civil, São Carlos. Notas de Aula, 2010.

[11]-Regional Plan of New York and Its Environs. In Committee of the Regional Plan of New York and Its Environs, Regional Survey of New York and Its Environs, New York, v. 1, pp.31, 1929.

[12]-Topalov, C. Do Planejamento à Ecologia: nascimento de um novo paradigma da ação sobre a cidade e o habitat, In: Ribeiro, L. C. Q. (Ed.), Cadernos IPPUR. UFRJ, Rio de Janeiro, pp. 19 - 42, 1997.

ARTIGO REF: 6618

SISTEMA DE AUTENTICAÇÃO CENTRALIZADA E *SINGLE-SIGN ON* UNIFICADO BASEADO NO *CENTRAL AUTHENTICATION SERVICE* PARA SERVIÇOS WEB NO ISUTC

Vanessa dos Santos Mabunda^{1(*)}, Fernando Mira da Silva²

¹Instituto Superior de Transportes e Comunicações (ISUTC) - Maputo, Moçambique

²Instituto Superior Técnico (IST) - Lisboa, Portugal

(*)*Email*: vanessa.mabunda@isutc.transcom.co.mz

RESUMO

Os sistemas de informação são a base para o desenvolvimento de actividades em quase todo o tipo de organizações. Estes sistemas são geralmente compostos por aplicações desktop ou até mesmo aplicações Web. Por questões de segurança, estas aplicações só podem ser manipuladas por utilizadores autorizados, por isso, requerem uma autenticação. A tendência convencional é de os utilizadores possuírem as suas identidades associadas a cada aplicação, fazendo desta forma que os mesmos se autenticam para cada aplicação que pretendem utilizar, dentro do domínio da organização.

A melhoria da usabilidade dos sistemas de informação, seja em sistemas de *e-government*, académicos ou de outra natureza aconselha a utilização de sistemas centralizados e federados de autenticação e *Single Sign-on*, de forma a garantir a consistência e segurança de credenciais e evitando a multiplicação de utilizadores e senhas. A autenticação centralizada garante que em um domínio organizacional as informações de identidade sejam mantidas por um único sistema, eliminando os múltiplos conjuntos de credenciais e não só: é possível implementar a tecnologia *Single Sign-On* [Oubraski, 2009], para permitir que o utilizador se autentique uma única vez, permitindo a cada utilizador acesso a todos os recursos pretendidos [Peltier, 2007] com uma autenticação e credenciais únicas.

Neste trabalho descreve-se a implementação no ISUTC de um Sistema de Autenticação Centralizado utilizando CAS, discutindo-se em particular a arquitetura adotada, as funcionalidades implementadas e as garantias de segurança e privacidade dos dados associadas. No ISUTC a autenticação é feita com recurso ao *Lightway Directory Access Protocol* (LDAP). Por questões de segurança, o LDAP é comumente utilizado para facilitar a autenticação centralizada utilizando o conjunto *username* e *password*. [Mularien, 2012]. Aos utilizadores da rede do ISUTC são disponibilizadas algumas diversas Web com fins académicos e de gestão de sistemas. Para que um utilizador seja autenticado por um serviço Web, uma ligação entre este serviço e o repositório de credenciais LDAP é criada com o objectivo de garantir a autenticidade das credenciais introduzidas.

O Web SSO proporciona o SSO entre um servidor Web seguro e aplicações Web. Este tipo de SSO pode eliminar a necessidade de se iniciar a sessão duas vezes, quando um cliente tenta aceder a um recurso Web em um servidor que requer autenticação para registar o seu próprio utilizador. [Buecker, 2012]

O *Central Authentication Service* (CAS) é um *framework* de código aberto que implementa o mecanismo SSO para proporcionar uma autenticação centralizada a um único servidor e redireccionamentos HTTP. [Ardagna, 2006] A sua integração com aplicações Web pode ser

feita com recurso a módulos no servidor aplicacional ou na aplicação Web, através de clientes CAS. A arquitectura do sistema CAS é formada pelo modelo cliente-servidor que se comunicam por meio de vários protocolos. [Jasig, 2015]

Uma vez que o CAS proporciona autenticação ele comunica-se com repositório de credenciais existente, o LDAP. Somente o CAS tem acesso a esse repositório, desempenhando assim o papel de Provedor de Identidade às aplicações. Deste modo, todas as aplicações Web do ISUTC passam a recorrer ao CAS para autenticar os seus utilizadores. Sempre que um utilizador aceder a qualquer aplicação Web protegida pelo CAS, ele será redireccionado ao servidor CAS para que este o autentique. A arquitectura do Sistema de Autenticação Unificado descrito é apresentada na Figura 1. Com a implementação do CAS, as aplicações passam a tomar decisões de autorização com base nos atributos dos utilizadores, graças ao protocolo SAML. Esta arquitectura permite também a sua adoção por aplicações que não possuem internamente um mecanismo de autenticação próprio.

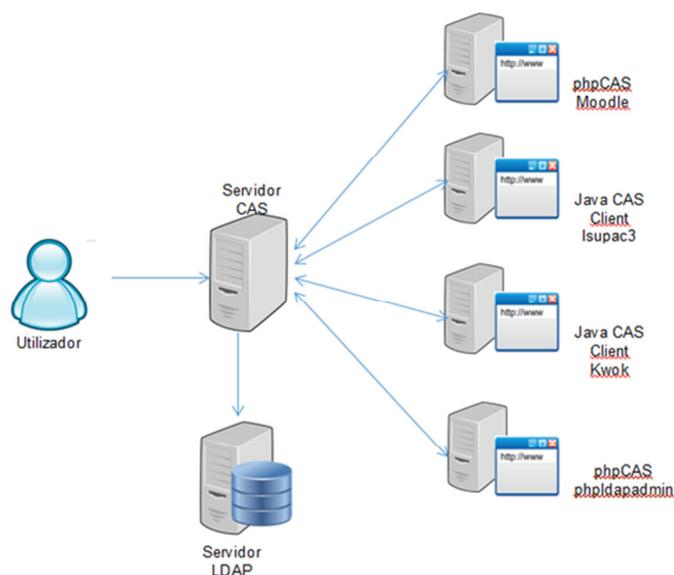


Fig. 1 - Sistema de Autenticação Unificado.

Discute-se igualmente como o sistema descrito pode facilmente ser estendido a outras organizações e serviços públicos e integrado em sistemas de federação de identidades, permitindo a integração da autenticação de serviços autónomos.

REFERÊNCIAS

- [1]-Ardagna, Claudio Agostino, Ernesto Damiane, Sabrina De Capitane di Vimercati, Fulvio Frati, e Pierangela Samarati. “Cas++: An Open Source Single Sign-On Soution for Secure e-services.” In *Security and Privacy in Dynamic Environments: Proceedings of the IFIP TC-11*, de Louise Yngs, Simone Fischer-Hübner e Kai Rannenberg, 208-215.
- [2]-Buecker, Axel, Nilesh Patel, Dirk Rahnenfuehrer, e Joris Van Herzele. “Enterprise Single Sign-On Design Guide.” IBM. Setembro de 2012.
- [3]-Jasig. Architecture. 2015. <http://jasig.github.io/cas/4.0.x/planning/Architecture.html> (acedido em 12 de Maio de 2015).
- [4]-Mularien, Peter, e Robert Winch. *Spring Security 3.1*. Packt Publishing, 2012.
- [5]-Oubraski, Ido. *CompTIA Security+ Certification Study Guide*. Elsevier, Inc., 2009.

ARTIGO REF: 6689

DESENVOLVIMENTO DO E-GOVERNMENT - UMA REVISÃO DA LITERATURA PARA IMPLEMENTAÇÃO EM CONTEXTOS HETEROGÊNEOS

Domingos Luís Rhongo^{1(*)}, Ana de Almeida², Nuno David²

¹Universidade Católica de Moçambique, Av. MaoTseTung 1022, Quelimane, Moçambique

²ISCTE-IUL, Departamento de Ciências e Tecnol. de Informação, Lisboa, Portugal

(*)Email: dominem2003@yahoo.com.br

RESUMO

O debate sobre o aprofundamento e implementação da governação e governança electrónicas tem-se vindo a intensificar. A utilização de meios electrónicos de governação e governança constitui factor de incentivo para a participação dos cidadãos em processos de decisão, realização e acompanhamento de políticas públicas, bem como para a modernização de serviços do sector publico nos Países desenvolvidos e em desenvolvimento (Dada, 2006). A governação e governança electrónicas são vistas, neste contexto, como um necessidades essenciais na resposta aos objectivos de desenvolvimento do Millennium, visando proporcionar aos cidadãos igualdade, democratização e bem-estar. Necessidades e tendências que se salientam na área de administração pública, onde se deseja um futuro mais alinhado entre as tecnologias de informação, a participação da sociedade civil e a comunicação ao serviço do cidadão.

Não obstante, o desenho e implementação de serviços bem como a sua gestão requerem um conhecimento aprofundado da componente social, infra-estrutural, tecnológica e cultural da população alvo, em especial no caso de Países em desenvolvimento. Países quase sempre caracterizados por escassez de infra-estrutura, falta de recursos tecnológicos, divisão digital, a que não é alheia a reduzida literacia digital, muitas vezes associada a um reduzido poder de compra. Com efeito, tais circunstâncias representam um obstáculo ao desenvolvimento e implantação de serviços de governo electrónico nestes países, levanto mesmo, em alguns casos, ao falhanço de alguns projectos pioneiros neste domínio (Dada, 2006).

O propósito do nosso trabalho é o de analisar o percurso do *e-government* desde que foi introduzido, do seu estado de arte e do *modus operandi* do mesmo implementado em ambientes heterogêneos (desenvolvidos e em desenvolvimento), no sentido de melhor compreendemos os cenários para o seu desenvolvimento e implantação no contexto particular de Moçambique, destacando a importância que estas tecnologias desempenham na gestão de serviços e aproximação do cidadão às organizações governamentais e privadas. Pretendemos, em particular, contribuir para a investigação de aspectos metodológicos no desenvolvimento de serviços de governação electrónica adequados para Moçambique, destacando, em paralelo, aspectos cruciais de usabilidade (vide Rhongo et al, 2016).

O trabalho em curso aposta, presentemente, em duas vertentes: Por um lado uma revisão bibliográfica, que se pretende motivar no presente resumo, na qual se procura identificar modelos, estudos de caso e aspectos metodológicos que mais têm contribuído para o desenvolvimento de serviços de governação e governança electrónica em países em desenvolvimento. Por outro lado, um estudo qualitativo realizado através de inquéritos sobre

usabilidade de serviços e aplicações digitais em Moçambique, que motivamos em Rhongo et al. (2016).

No âmbito de revisão bibliográfica, impõe-se realizar uma viagem pelas perspectivas que posicionam a sociedade de informação como o novo *modus vivendi*, na era da massificação das TICs e do advento da internet. Julgamos que esta abordagem inicial é contributiva para uma interpretação contextualizada das condições iniciais e de sucesso da proposta de implementação de serviços electrónicos no ambiente socioeconómico em causa, onde as teses de Manuel Castells nos parecem relevantes (Castells, 2002; Jamil, Tadeu, & Neves, 2000; Vide, 1999).

Seguidamente analisamos o *e-government* propriamente dito e a sua viragem na década 90, com o surgimento e massificação da internet e das suas manifestações. Abordaremos em sequência o *mobile-Government*, actualmente a via mais utilizada e adequada à conjuntura da vida actual, adaptando os serviços ordinários para as mãos do cidadão através dos telemóvel e smartphone. Finalmente, abordamos as questões da administração electrónica ubíqua, que pretende conferir a possibilidade de presença de serviços electrónicos em qualquer lugar 24 horas por dia e 7 dias por semana. Com este estudo esperamos trazer em breve um documento integrador sobre as principais tendências no desenvolvimento e implementação da governação e governança electrónicas especialmente orientadas para países em desenvolvimento, respondendo a algumas das ideias e desafios lançados pelos ICT4D e ICT Horizonte 2020.

REFERÊNCIAS

- [1]-Castells, M. (2002). A era da informação: economia, sociedade e cultura. A sociedade em rede, 1-2.
- [2]-Cooper, H. M. (1982). Scientific Guidelines for Conducting Integrative Research Reviews. *Review of Educational Research*, 52(2), 291. [Http://doi.org/10.2307/1170314](http://doi.org/10.2307/1170314).
- [3]-Dada, D. (2006). The Failure of E-Government in Developing Countries: A Literature Review, 1-10.
- [4]-Jamil, G. L., Tadeu, J., & Neves, D. R. (2000). A era da informação : considerações sobre o desenvolvimento das tecnologias de informação, 41-53.
- [5]-Mendes, K. D. S., Silveira, R. C. D. C. P., & Galvão, C. M. (2008). Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. *Texto & Contexto - Enfermagem*, 17(4), 758-764. [Http://doi.org/10.1590/S0104-07072008000400018](http://doi.org/10.1590/S0104-07072008000400018).
- [6]-Vide, I. (1999). Cobclusão: Depreendendo Nosso Mundo, 3, 411-439.
- [7]-Rhongo, D., Almeida, A. David, N. (2016). Contribuição da usabilidade web e dos dispositivos móveis para a inclusão digital nos países em desenvolvimento - um olhar para o caso de moçambique - submetido para o 8º congresso Luso-Moçabicano de Engenharia.

ARTIGO REF: 6822

GESTÃO DE INFORMAÇÃO E DE ACTIVOS PARA OBTENÇÃO DOS OBJECTIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE SANEAMENTO - ESTUDO DE CASO DE MOÇAMBIQUE

António Monteiro^{1(*)}, Ricardo Germano¹, Ana Silva¹, Frederico Martins²

¹ENGIDRO Lda, R. Luís Cristino da Silva, Lte 248-2º 98E, 1950-172 Lisboa, Portugal

²Administração de Infra-estruturas de Água e Saneamento (AIAS), Av. Eduardo Mondlane nº 1532, 4º, Maputo, Moçambique

(*)*Email*: a.j.monteiro@engidro.pt

RESUMO

Apresenta-se um sistema de informação integrado, a Base de Informação de Água e Saneamento (BIAS), implementado na Administração de Infra-estruturas de Água e Saneamento de Moçambique (AIAS), responsável pelos sistemas de abastecimento de água e saneamento de 151 cidades e vilas. Num contexto em que as necessidades neste sector são consideráveis e os recursos humanos e financeiros são escassos, assim como a informação disponível sobre activos, o trabalho desenvolvido resultou num conjunto de ferramentas de gestão de activos e suporte à decisão para potenciais investimentos.

INTRODUÇÃO

A Administração de Infra-estruturas de Água e Saneamento de Moçambique (AIAS) é responsável pelos sistemas de abastecimento de água e saneamento de 151 cidades e vilas (9.38 milhões de habitantes em 2015, 17.55 milhões estimados para 2040). As necessidades neste sector são consideráveis, os recursos financeiros são escassos e os Objectivos de Desenvolvimento estão ainda longe de serem atingidos [Monteiro *et al.*, 2016].

A informação actual de cadastro de infra-estruturas da AIAS é reduzida e encontra-se dispersa ao longo da sua área de influência. A existência de vários tipos de formatos físicos e formatos digitais para estes registos dificulta a sua agregação e uniformização num registo central de dados.

No âmbito do Plano de Investimentos de Água e Saneamento da Administração de Infra-estruturas de Água e Saneamento (AIAS) de Moçambique, foi apresentado em 2014 um protótipo de Sistema de Informação Geográfica (SIG) denominado de Base de Informação de Água e Saneamento (BIAS), com o objectivo de constituir um ponto de partida para registo de informação e apoio à decisão.

Esta plataforma foi posteriormente implementada junto da AIAS, de forma faseada ao longo de um período de dois anos, numa perspectiva de capacitação e administração autónoma do sistema pelos seus técnicos no âmbito do programa de capacitação denominado de “PO15”.

Este artigo apresenta os resultados do desenvolvimento e implementação da plataforma BIAS, focando-se no desenvolvimento de ferramentas simplificadas para aquisição e gestão de dados, num contexto de inovação contínua e de capacitação, de modo a possibilitar a tomada de decisão sobre potenciais investimentos nos sistemas da AIAS.

ARQUITECTURA DO SISTEMA

A Base de Informação de Água e Saneamento (BIAS) consiste num conjunto de aplicações que funcionam entre si com vista à gestão e manuseamento de dados de cadastro de infra-estruturas. A BIAS assenta sobre *software open source*, reduzindo custos de desenvolvimento e licenciamento, sendo composta por três componentes principais: a aplicação principal de SIG *desktop*, a aplicação móvel de cadastro BIAS Field e a aplicação WebSIG.

No que respeita ao armazenamento e partilha de dados, a solução adoptada integra bases de dados locais de cadastro de infra-estruturas em cada uma das 151 cidades/ vilas do universo AIAS, agregadas e sincronizadas a nível central em Maputo (Figura 1).

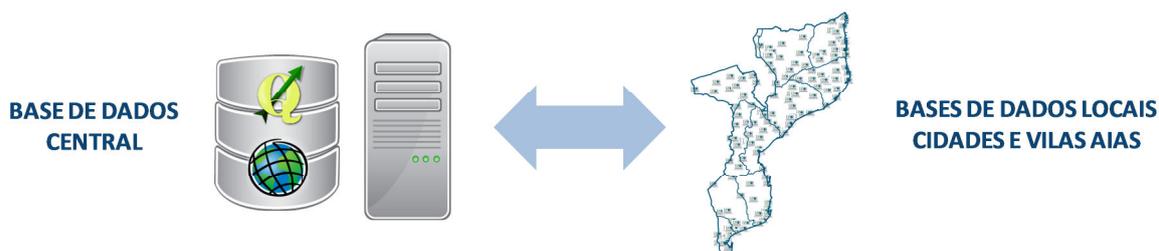


Fig. 1 - Postos BIAS (versão 1.2).

A informação da BIAS baseia-se no trabalho de levantamento cadastral levado a cabo pelas Entidades Locais, cujos resultados são em primeira instância carregados nas bases de dados locais. O acesso e edição dos dados é feito tanto ao nível local como ao nível central, sendo a partir deste que é publicada a informação por serviços online através de WebSIG (Figura 2).

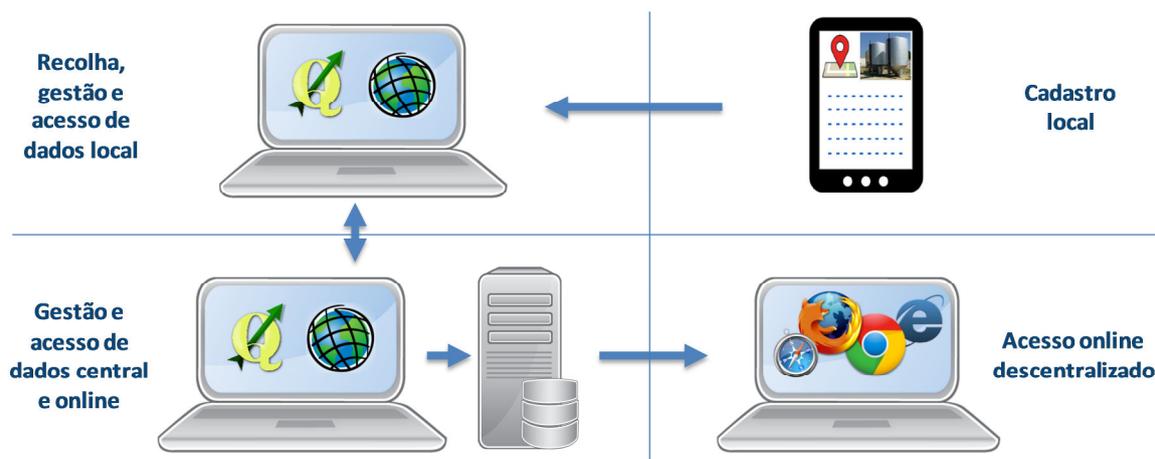


Fig. 2 - Arquitectura actual da plataforma BIAS (versão 1.2).

Modelo de Dados

O modelo de dados contemplado na BIAS foi definido em estreita colaboração com a AIAS, com vista a abranger todos os tipos de infra-estruturas que integram os seus sistemas de abastecimento de água e saneamento existentes. Neste âmbito, foi feita uma caracterização exaustiva dos atributos dos elementos dos sistemas, acrescida de uma componente de registo relativa à caracterização demográfica e sócio-económica das cidades e vilas (Figura 3).

Sempre que aplicável, optou-se a caracterização de atributos com recurso a listas pré-definidas de opções de preenchimento (listas de domínio), no sentido de facilitar tanto a utilização pelos operadores como a interligação dos dados ao longo do universo AIAS.



Fig. 3 - Camadas do Modelo de Dados da BIAS.

Aplicação SIG Desktop

Ao nível de *desktop*, a solução assenta na utilização do *software open source* QGIS, sobre o qual se desenvolveu em linguagem de programação *python* um conjunto de ferramentas adaptadas às necessidades específicas da AIAS, denominado BIAS Toolkit (Figura 4), para:

- Importação de dados de levantamento de campo (BIAS Field Connect);
- Cálculo de indicadores e de dados resumo dos sistemas;
 - Produção de relatórios (BIAS Report);
- Produção de mapas;
- Importação e Exportação de dados, com vista ao *backup*, restauro e sincronização de bases de dados, quer ao nível local quer ao nível central.

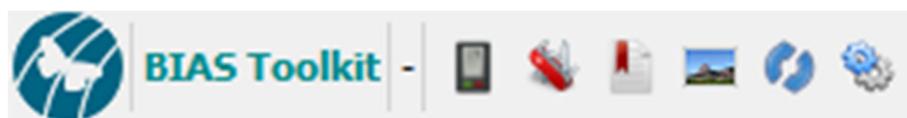


Fig. 4 - Barra de Ferramentas BIAS Toolkit (versão 1.2).

A produção de documentos e desenhos automatizada teve como intuito aumentar a facilidade de utilização pelos operadores e uniformizar os *outputs* (Figura 5) em toda a área de influência da plataforma, promovendo a facilidade na sua interpretação entre o nível local e o nível central.

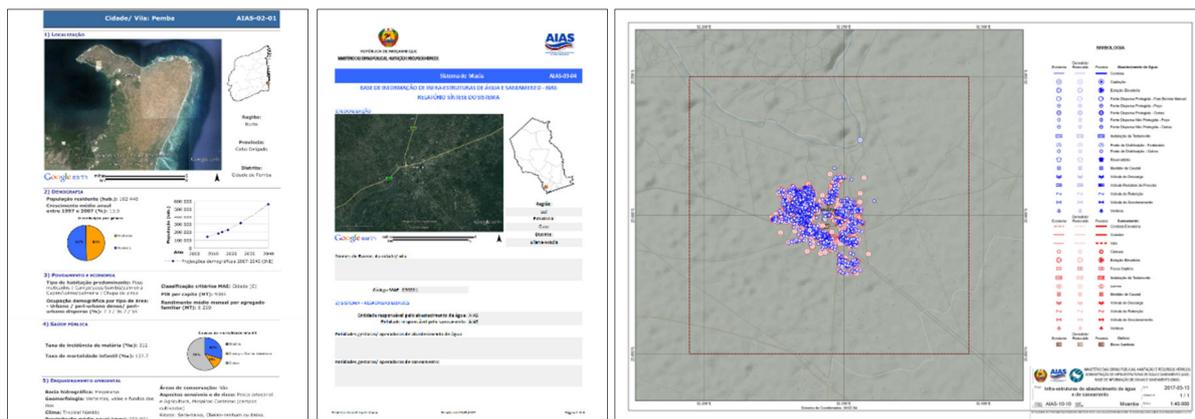


Fig. 5 - Exemplos de *outputs* documentais BIAS Toolkit (versão 1.2).

Aplicação Móvel de Cadastro

A aplicação de registo de activos, desenvolvida sobre *software open source*, tem como funcionalidade o registo de fichas de cadastro para qualquer das infra-estruturas do modelo de dados. O preenchimento destas fichas pelos operadores permite que em campo se especifique toda a informação requerida, com captura de coordenadas no local e registo fotográfico. Optou-se pela aplicação generalizada de info-gráficos para auxiliar a interpretação das fichas de cadastro pelos operadores (Figura 6).

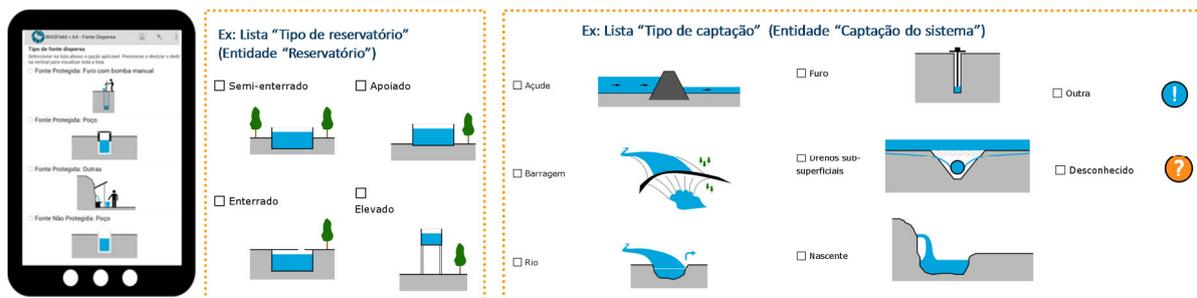


Fig. 6 - Exemplos de info-gráficos de fichas de cadastro BIAS Field.

Aplicação WebSIG

A Aplicação WebSIG (Figura 7), destinada à partilha online da informação recolhida ao nível central, foi desenvolvida sobre ferramentas *open source*. Definiram-se nesta plataforma perfis de acesso distintos consoante o tipo de informação disponibilizada, permitindo a partilha selectiva de informação de acordo com o tipo de utilizador ou com outras entidades.

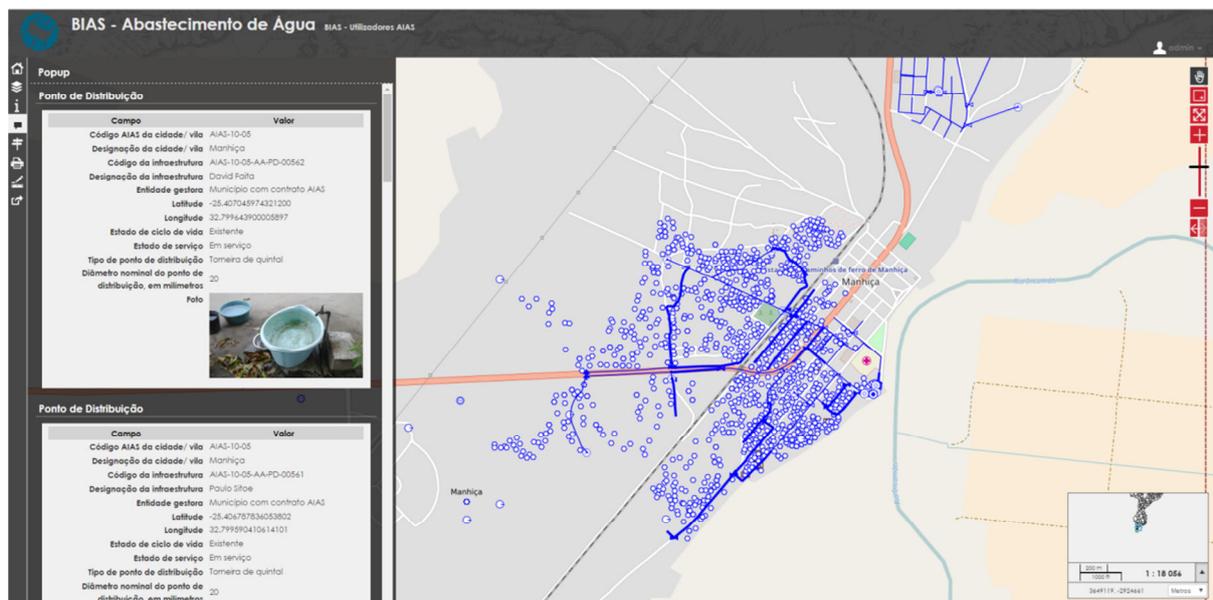


Fig7 - Mapa de abastecimento de água com identificação de elementos em ambiente WebSIG.

METODOLOGIA

Partindo de um cadastro SIG inexistente, optou-se pela implementação faseada da plataforma, avaliando a performance e adequabilidade às necessidades e capacidade interna da entidade gestora, possibilitando uma evolução orientada, numa perspectiva de redução de custos de investimento e operação e de otimização em função do feedback dos seus utilizadores.

Fase 1 - Concepção e implementação da plataforma BIAS (componentes *desktop* e *mobile*)

Integrada num projecto de capacitação da AIAS, a Fase 1 foi desenvolvida em estreita colaboração para atingir objectivos específicos. O modelo de dados, *software* e fluxos de trabalho foram projectados para toda a equipa de gestão de activos - desde os técnicos locais (responsáveis em geral pela recolha de dados) até aos técnicos centrais (gestão de dados).

Implementou-se a aplicação de registo de activos BIAS Field para cadastro com tablets ou smartphones. Para SIG, desenvolveram-se ferramentas auxiliares, para carregamento e visualização de dados, produção de relatórios e mapas e cálculo de indicadores.

Em Fevereiro de 2015 efectuou-se uma formação de duas semanas focada no modelo de dados, *software* e ferramentas SIG, e trabalho de campo de cadastro. A implementação da BIAS foi efectuada centralmente num regime de formação de formadores com um conjunto de técnicos chave indicados pela entidade gestora com vista ao desenrolar da BIAS de forma autónoma.

Estes técnicos seriam mais tarde responsáveis pela implementação local e capacitação dos restantes técnicos de sistemas num universo de 15 vilas: Caia, Ilha de Moçambique, Malema, Mandlakaze, Manhiça, Moamba, Mocimboa da Praia, Mocuba, Mopeia, Namaacha, Nametil, Praia do Bilene, Ribaué, Ulongué e Vilankulo. As populações destas vilas variam desde 5 500 (Moamba) até 220 000 (Mocuba) habitantes, num total (estimativas 2015) superior a 800 000.

Após cerca de ano e meio de uso da plataforma, foi efectuada uma avaliação com foco na qualidade do cadastro, tendo-se considerado provado o conceito da aquisição de dados local. Registrou-se, no entanto, alguma dificuldade na gestão de dados num ambiente SIG *desktop*.

Fase 2 - Desenvolvimento da plataforma (componente WebSIG)

As conclusões da Fase 1 levaram a desenvolvimento adicional (versão 1.2), com simplificação da interface SIG, com produção automática de relatórios por sistema, novas metodologias de agregação de dados e uma plataforma online (WebSIG) para acesso e partilha descentralizada.

Assim, a Fase 2 focou-se em novas ferramentas de reporte (inventários de infra-estruturas, suas características funcionais e informação económica associada, produção de mapas e relatórios incluindo níveis de cobertura), na importação e exportação de dados para partilha entre bases de dados locais e centrais e, finalmente, na consulta e partilha de informação através da plataforma WebSIG. Procurou-se assim promover uma gestão mais integrada dos dados, desde o nível local da operação e registo de infraestruturas até ao nível central de administração dos dados.

A Fase 2 culminou em Dezembro de 2016 com duas semanas de capacitação, de revisão e treino nas novas componentes e melhorias da plataforma. Com a Fase 2 do Projecto, o programa de formação tornou-se mais extenso para fazer face às novas componentes desenvolvidas.

PRINCIPAIS RESULTADOS E CONCLUSÕES

Da Fase 1 produziram-se, para todas as 15 vilas envolvidas, 7871 registos de infra-estruturas, dos quais 3480 (44%) relativos a sistemas de saneamento. Dos dados totais, que se apresentam sintetizados na Tabela 1, obteve-se uma percentagem de registos válidos (fichas de cadastro totalmente preenchidas com registo de coordenadas) da ordem dos 91%, sendo a maior parte das falhas no preenchimento respeitantes à captura de coordenadas (8%).

Tabela 1 - Validade das fichas de cadastro preenchidas em campo.

Tipo de Sistema	Válidos	Sem registo de coordenadas	Outros erros de preenchimento
Abastecimento de Água	3 870	472	49
Saneamento de Águas Residuais	3 307	158	15
Total	7 177	630	64

De forma geral, o cadastro realizado focou-se nas principais infra-estruturas dos sistemas, tendo-se observado em três deles - Manhiça, Moamba (Figura 8) e Praia do Bilene - um vasto trabalho de registo de clientes, nomeadamente de latrinas e pontos de consumo de água.

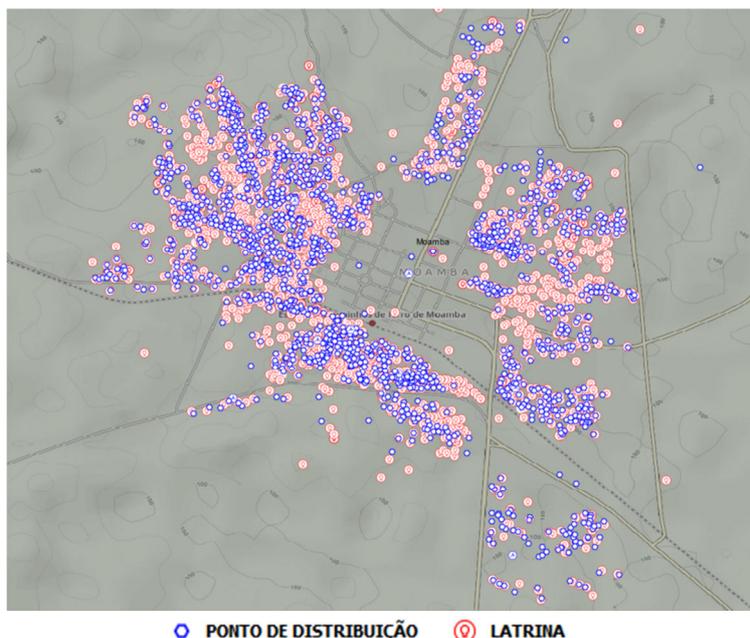


Fig. 8 - Mapa de clientes de água e saneamento cadastrados em Moamba

Considera-se que a percentagem de infra-estruturas correctamente cadastradas na Fase 1 validou o método de trabalho de campo. Como pontos críticos identificaram-se dificuldades no entendimento de alguns dos componentes dos sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais, mais vincadas quando o pessoal afecto ao cadastro não possuía qualquer experiência ou formação nesse âmbito, concluindo-se importante o reforço da capacitação no que respeita ao modelo de dados. A aplicação de info-gráficos e de outros auxiliares para interpretação das fichas de cadastro provou-se vantajosa para o entendimento pelos operadores de qual a informação a recolher.

Ao nível da gestão dos dados em SIG, identificaram-se na Fase 1 algumas dificuldades relacionadas com o carregamento dos dados de cadastro nas bases de dados locais bem como na validação e correcção de informação em ambiente *desktop*. Estes aspectos foram tidos em consideração nas melhorias acrescentadas à plataforma na Fase 2.

Sendo o modelo adoptado para implementação da BIAS centrado na transferência de conhecimento, torna-se indispensável a afectação de técnicos capazes para prosseguir a formação dos operadores de campo.

O desenvolvimento sobre plataformas *open source* existentes permitiu direccionar esforços para as necessidades específicas da Entidade Gestora e dos seus utilizadores.

Perspectiva-se, com futuras campanhas de cadastro, a obtenção de cadastros completos, permitindo cálculos precisos dos actuais níveis de serviço dos sistemas. Através da gestão do SIG e da operacionalização das campanhas de cadastro levadas a cabo, o conhecimento dos sistemas pela entidade gestora foi altamente promovido. Esta plataforma melhorou a capacidade de identificar e comunicar necessidades de investimento aos decisores e gestores de infra-estruturas, suportando a tomada de decisão com o objectivo final de atingir sistemas mais sustentáveis e acessíveis.

Aponta-se, como futuros desenvolvimentos, a evolução para uma arquitectura com bases de dados online assim como a continuação do desenvolvimento de ferramentas customizadas às necessidades da Entidade Gestora.

REFERÊNCIAS

[1]-ENGIDRO, Long term water supply and sanitation services investment Plan for the Administração de Infra-estruturas de Água e Saneamento (AIAS), Maputo, Mozambique (2013)

[2]-Monteiro, A. & Matos, J. & Megre, F. & Silva, A. & Nunes, A. & Germano, R. & Sousa, O. & Silva, P. & Laisse, C. & Matavela, V., Financial sustainability of urban water cycle services in developing countries: a case study in Mozambique, *Water Science and Technology: Water Supply*, 16 (2016), 1068-1076.

ARTIGO REF: 6967

USO DE PORTAIS ELECTRÓNICOS COMO MECANISMO DE CONSOLIDAÇÃO DO *E-GOVERNMENT*: O CASO DO PORTAL DA PROVÍNCIA DE CABO DELGADO EM MOÇAMBIQUE

Alberto Loiola¹, Micaela Roberto², Miguel Natha^{1(*)}, Nelson Amade²

¹Faculdade de Gestão de Turismo e Informática, Universidade Católica de Moçambique

²Faculdade de Gestão de Recursos Naturais e Mineralogia, Universidade Católica de Moçambique

(*)*Email*: mnatha@ucm.ac.mz

RESUMO

O uso de portais electrónicos por parte dos governos tem sido visto como um recurso eficaz e flexível para, entre outros fins, disponibilizar informação diversa sobre o processo governativo nacional e local, tais como legislação, comunicados, notícias, entre outras informações. Em Moçambique, o portal do governo central assim como os portais provinciais e distritais materializam a intenção contida na estratégia do governo electrónico, de criar uma Plataforma Comum de Comunicação entre os vários órgãos governamentais a todos os níveis e, entre estes e os cidadãos, visando conferir maior acesso à informação para melhorar as actividades do sector privado e simplificar a vida dos cidadãos.

No seguimento das reformas do sector público que tiveram início logo após a independência em 1975, o governo aprovou em 2000 a Estratégia Global da Reforma do Sector Público (2001-2011), que foi implementado em duas fases, tendo a segunda fase comportado, entre outros pilares, a melhoria no Processo de formulação e monitoria de políticas públicas; melhoria da gestão financeira e prestação de contas; boa Governação e Combate a Corrupção (CIRES, 2001).

Entretanto, quer a melhoria no Processo de Formulação e Monitoria de Políticas Públicas, assim como a melhoria da Gestão Financeira e Prestação de Contas demandavam do governo a adopção de plataformas tecnológicas tendo como suporte principal o uso da internet. Assim sendo, pode considerar-se a aprovação pelo Governo em 2000, da Política de Informática através da resolução nº 28/2000, de 12 de Dezembro. Esperava-se assim que esta política pudesse contribuir para uma ampla participação dos cidadãos na Sociedade Global de Informação, para a elevação da eficácia e eficiência na prestação de serviços e ainda, para a melhoria da governação e aprofundamento da democracia” (Resolução nº 28/2000, de 12 de Dezembro).

Porém, viria a ser com a aprovação da Estratégia de Governo Electrónico de Moçambique em 2005 que várias iniciativas registaram um avanço assinalável em algumas áreas, tal é o caso da gestão de finanças públicas. Enquadrada especificamente na segunda fase da Reforma do Sector Público, programada para o período 2006-2011, esta estratégia teve como objectivos gerais: (i) melhorar a eficiência e a eficácia na prestação de serviços públicos; (ii) assegurar a transparência e responsabilidade dos servidores públicos e (iii) dar acesso à informação para melhorar as actividades do sector privado e simplificar a vida dos cidadãos.

Nota-se, portanto, a existência de um quadro legal contendo elementos estruturantes que dão suporte às iniciativas em curso (e oportunidades para o desenvolvimento de outras) no âmbito das reformas de implementação do *e-government* em Moçambique. Alias, é mesmo no quadro

desta arquitectura político-institucional que se enquadra a criação de portais electrónicos provinciais, tendo em vista, entre outros fins, melhorar os mecanismos de comunicação entre o executivo e os cidadãos, elevar os níveis de prestação de contas e responsabilização, garantir maior acesso à informação e flexibilizar a interligação com o sector empresarial.

Assim sendo, com o presente artigo objectivou-se verificar em que medida as funcionalidades constantes no portal do governo da província de Cabo Delgado respondem as exigências do *e-government*, e se estas têm efectivamente contribuído para a sua consolidação. Especificamente, questiona-se se através do portal pode-se aceder a informação relevante sobre o processo governativo, se o governo tem sido capaz de prestar serviços públicos, prestar contas de forma regular e interagir com o cidadão.

Sob ponto de vista metodológico a pesquisa baseou-se no paradigma qualitativo. Para a recolha de dados recorreu-se à pesquisa bibliográfica para que se pudesse captar o essencial do estado da arte, foram efectuadas entrevistas semiestruturadas a actores chave e recorreu-se também à observação não participante, sendo que a análise e interpretação dos dados foi feita através do modelo de análise do conteúdo.

Os resultados do estudo permitiram constatar que quanto à configuração da interface, a página garante facilidades para aceder aos conteúdos na medida em que apresenta etiquetas ou abas indicando o assunto que o cidadão pode encontrar. Importa referir que esta facilidade acaba sendo um requisito fundamental para uma maior aderência dos cidadãos às iniciativas de *e-government*. Entretanto, a inexistência de informação ou conteúdos na maioria das abas, associada à falta de actualização das informações tais como notícias, legislação, planos de actividades, relatórios, balanços e ainda o facto de o cidadão não poder obter formulários e instruções para emissão de documentos continuam sendo os aspectos críticos no funcionamento do portal. Conclui-se deste modo que, nos moldes em que o portal tem funcionado (até o período em que esta pesquisa foi realizada) de longe respondia às exigências de uma iniciativa de *e-government* que se pretenda eficaz.

Diante deste cenário, sugere-se a formação de gestores de conteúdos e sua afectação em todas direcções provinciais e instituições públicas e ainda a alocação de mais técnicos que façam a gestão do portal. Estas formações devem ir para além da componente técnica ou operacional, devendo também incluir aspectos abrangentes sobre o *e-government*, as funcionalidades que este oferece no contexto do funcionamento da Administração Pública e, na relação desta com os cidadãos.

PROCEEDINGS

CLME2017 / V CEM

8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia
V Congresso de Engenharia de Moçambique
Maputo (Moçambique), 4-8 Setembro 2017

SIMPÓSIO-12

Engenharia Biomédica nos Países em Desenvolvimento

Coordenador

Mário Forjaz Secca^(*)

¹Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa
Caparica, Portugal

^(*)Editores Associados para os artigos deste Simpósio

ARTIGO REF: 6614

DETERMINAÇÃO DA PARASITEMIA DA MALÁRIA ATRAVÉS DE IMAGENS USANDO A TRANSFORMADA WAVELET E A CURVA DE PEANO-HILBERT

José Gabriel de Sá Consolo^(*)

Universidade Eduardo Mondlane, Departamento de Engenharia Eletrotécnica, Maputo, Moçambique

^(*)jose.consolo@uem.mz; consolojg@gmail.com

RESUMO

Um caso de particular interesse para a Saúde Pública, nos países tropicais de África é a problemática do diagnóstico da infecção malárica. É sabido que a Malária produz anualmente largas centenas de milhões de infecções, das quais um a dois milhões resultam na morte dos pacientes. O problema da Malária na África Tropical é extremamente grave. Em Moçambique, nas zonas rurais, mais de metade da população esta infectada com Malária, mas só uma parte sofre da doença e as formas mais graves ocorrem em geral, em crianças até aos 3 anos de idade.

Neste contexto, um grande obstáculo é o diagnóstico laboratorial da infecção malárica, tanto para fins de diagnóstico, como de monitorização da eficácia terapêutica. O método de eleição para o diagnóstico laboratorial da malária é a visualização de formas eritrocitárias assexuadas do parasita num esfregaço de sangue capilar depositado em lâmina, corado pelo *Giemsa* (ou outro corante similar) e observado num microscópio de luz.

Este método tem, infelizmente, limitações. Exige uma elevada perícia técnica, é moroso, requer meios técnicos consideráveis e exige um apoio técnico e administrativo raramente disponível, particularmente nas zonas rurais, onde são ministrados os cuidados primários de saúde. A situação das unidades sanitárias periféricas é de tal ordem que o diagnóstico laboratorial foi na maior parte das vezes substituído *de facto* pelo diagnóstico presuntivo (clínico) da Malária.

O presente algoritmo concebido em Matlab e na Linguagem C é essencialmente um problema de reconhecimento e classificação de imagem, que toma a forma de reconhecimento de padrões e classificação, com as seguintes etapas: 1. Aquisição de imagem (obtida por uma câmara de alta resolução) e pré-processamento; 2. Análise de imagem; 3. Segmentação de imagem; 4. Geração de padrões; 5. Classificação de parasitas com aplicação de wavelet adaptivos.

As imagens digitais obtidas com o formato de componentes de cor (Vermelha, Verde e Azul (RGB)) em três dimensões (3D) são convertidas em sequência vetorial a uma dimensão (1D) com aplicação da curva de Peano-Hilbert (Hilbert-Peano Space Filling Curve) [2], [4].

Nesta etapa aplicamos o filtro vetorial mediano reduzido (reduced vector median filter) (RVMF) para a redução do ruído e eliminação de artefactos, com a vantagem de correlação local de pixels, conveniente ao processamento da cor [5].

Imagens baseadas na cor, textura e geometria das células são geradas para a identificação das células e sua morfologia (glóbulos Vermelhos) do sangue, com a aplicação da segmentação

[2], [4] para a determinação de contornos e o uso de granulometria (para a determinação da forma e o tamanho).

A etapa subsequente é a classificação para a determinação dos parasitas constituída por dois estágios com a aplicação de redes neuronais similar ao desenvolvidos em [1], [6] porém difere da presente proposta pois usamos wavelets adaptivos [3] para a detecção de verdadeiros e falsos para o diagnóstico do parasita e a determinação das espécies.

Imagens para o estudo usadas foram escolhidas do banco imagens e incluindo algumas imagens reais de slides com parasitas para testar o algoritmo.

A metodologia mostra-se com potencial para a aplicação no diagnóstico real desta endemia. Há vantagem na aplicação das curvas fractais, redes neuronais e wavelet adaptivos para o reconhecimento e a classificação de padrões.

REFERÊNCIAS

- [1]-Kan, M.,I.; Acharya,B.; Singh, B., K.; Soni, J.: Content Based Image Retrieval Approaches for Detection of Malaria Parasite in Blood Images. International Journal of Bioinformatics (IJBB), Volume (5): Issue (2): 2011, 97-110.
- [2]-Skubalska-Rafajłowicz,E. and Rafajłowicz, E.(2010): Space-filling Curves in Generating Equidistributed Sequences and Their Properties in Sampling of Images. Signal Processing, Sebastian Miron (Ed.), ISBN: 978-953-7619-91-6, InTech.
- [3]-Szu, H.,H.; Kadambe, Sh.: Neural network adaptive wavelets for signal representation and classification. Optical Engineering. September 1992. Vol 31, No. 9 pp 1907-1916.
- [4]-Esperança, C.; Oliveira A., A., F.; Oliveira L. F.: Compressão de Imagens usando Transforma de Wavelet e Curva de Peano-Hilbert. Anais XI SIBGRAPI, Outubro 1998.
- [5]-Teschioni, A; Regazzoni C. S. “A New Approach to Median Filtering Based on Space Filling Curves”, IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING, VOL. 6. No 7. JULY 1997.
- [6]-Yunda, L., Alarcón, A., & Millan, J. “Automated Image Analysis Method for p-vivax Malaria Parasite Detection in Thick Film Blood Images”. Revista S&T, 10(20), pp 9-25. (2011).

ARTIGO REF: 6774

DEVELOPMENT OF A NEW PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT FOR THE PROFESSIONAL COOKING STAFF THROUGH FUNCTIONAL DESIGN

Nuno J.R. Belino^{1(*)}, A.V.T. Silva², R. Paul³

¹University of Beira Interior, Textile Science and Technology Department, Covilhã, Portugal

²University of Beira Interior, Textile Science and Technology Department, Covilhã, Portugal

³Hohenstein Institute, Boennigheim, Germany

(*)*Email*: belino@ubi.pt

ABSTRACT

Cooking related professions are closely associated with specific tasks carried out in a very hazardous environment, with continued exposure to high temperatures for long periods of time along with a very intense physical activity. For this reason, we intend to develop a PPE capable to prevent and minimize the effects of thermal stress on those professionals. Additionally, we seek to define a new trendy line for those pieces of cloth with innovative materials, shapes/silhouettes and imagery.

It is known for a fact that the majority of the cooking staff develop their work under inappropriate conditions, normally, closed and small spaces, sometimes with poor illumination and ventilation, excessive noise and, particularly, extremely heated environment. The aforementioned situation leads to an accelerated tiredness, increasing of negligent and insecure actions and, finally, to work accidents. According to Wsterlund (1998) thermal stress caused by heat can be defined as the situation in which the human body faces serious problems regarding the dissipation of excessive heat into the surrounding environment. Olgay (1973) proved that this continued situation can provoke serious damages, such as: exhaustion, dehydration, head ache, dermatological problems, male infertility, cramps, psychological problems, fatigue, thermal shock and in the utmost severe situation, death.

Having full knowledge of the working conditions in which these professionals perform their activity and taking into account the data collected from a survey conducted amongst these workers (77 interviews) authors decided to develop an innovative and cost effective PPE, made with patches of knits and fabrics, with carefully chosen materials placed in selected areas, so as to tackle the reported main problems. Thus, a thermal barrier comprised by a laminated aerogel plate will be placed in the frontal area, most directly exposed to heat, whereas quick extraction of perspiration will be achieved through a patch of knit containing micro polyester dri-release and Seacell Active. Jersey knit structure will permit an improved flexibility, freedom of movement, elasticity and air permeability. A customized stylish design, well-adjusted to the job requirements, completed our approach.

REFERENCES

[1]-K.C.Parsons, Human Thermal Environments. The effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort and performance. Second edition. British Library (2003).

[2]-Y. Li and X.Q. Dai Biomechanical engineering of textiles and clothing, The Textile Institute and Woodhead Publishing, ISBN-13: 978-1-84569-052-6, Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, Cambridge, UK, (2008).

[3]-Fairhurst, C. (ed.), Advances in Apparel Production, Woodhead Textiles Series No. 69, Woodhead Publishing Limited in Association with The Textile Institute, Woodhead Publishing, Cambridge, UK, (2008).

[4]-Marinella Ferrara, Sabrina Lucibello, Design Follows Materials, Alinea Editore, (2009).

[5]-Field, R. J., B. Scheidemantel Aerogel and hollow particle binder composition, insulation composite, and method for preparing the same, Cabot Corporation, 20040077738, (2004).

ARTIGO REF: 6864

DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE ANTIMALARIAL CLOTHING

Cláudia I.S. Pinheiro^{1(*)}, Nuno J.R. Belino¹, Roshan Paul²

¹University of Beira Interior, Faculty of Engineering, Department of Textile Science and Technologies, Laboratory, Covilhã, Portugal.

²Indo-German Science and Technology Centre, New Delhi, India

(*)Email: cisp@ubi.pt

ABSTRACT

Today, more than ever, the so called sub-tropical diseases exert a major influence in the quality of life and in the socioeconomic development of a large part of human population. The recent increased resistance to drugs (medicines and repellent agents) and climate changes led to important environmental changes and, consequently, to the spreading of those diseases into new geographical areas, particularly in the outskirts of Europe, never before directly affected by them.

Malaria is one of such diseases. It is caused by a certain type of a plasmodium parasite and is transmitted by the female mosquito bite of the genre *anopheles*. This pathology has a tremendous impact in human health - three millions worldwide deaths per year - and causes significant economic losses. Being aware of this situation, authors envisaged a new technological solution, completely biodegradable, to contribute for the minimization of this problem.

Bearing this purpose in mind, this ongoing PhD thesis aim at the development of a new piece of cloth made with an entirely new family of PLA fibres, specifically designed. Those fibres were embedded with internally developed microcapsules containing a natural repellent agent - *schinus molle* - added during the extrusion process. Based upon this new fibre, three knit structures were produced and the repellent efficacy and washing resistance were assessed.

PLA fibers are increasingly penetrating markets traditionally occupied by petroleum-based synthetics. Poly(lactic acid) is a synthetic polyester derived from renewable sources such as corn. PLA has been used for many years in biomedical applications such as drug release systems, medical implants and surgical sutures because of its biodegradability and biocompatibility.

Considering the necessity of having a fully biodegradable fiber which was capable to endure the thermal and rheological conditions of a melting extrusion process we selected the Biopolymer Ingeo 6201D Fiber Grade PLA from NatureWorks. The main characteristics of the aforementioned polymer are depicted in table 1.

Fumed silica microcapsules of 0,3 microns and nanocapsules of 0,007 microns were bought from Sigma-Aldrich. To fill those capsules, two chemical agents were used: the first one was Phermetrin which is non-natural mosquito repellent considered to be the best option for clothing and outdoor. The second one, was the essential oil of aguaribay - *Schinus molle L.* - which is the natural agent we wish to introduce and whose mosquito repellent efficacy we want to study by comparison with the non-natural standard one.

Table 1 - Typical PLA Ingeo 6201D Properties

PHYSICAL PROPERTIES	METRIC	COMMENTS
Specific Gravity	1,24 g/cm ³	ASTM D792
Melt Density	1,08 g/cm ³ at 230°C	ASTM D1238
Viscosity Measurement	3,1	Relative viscosity; CD Internal Viscotek method
Melt Flow	15-30 g/10 min at load 2,16 Kg and temperature 210 °C	ASTM D1238
THERMAL PROPERTIES	METRIC	COMMENTS
Elongation at Break	10%-70%	ASTM D2256/ASTM D3822
Tenacity	0,221-0,441 N/Tex	ASTM D2256/ASTM D3822
THERMAL PROPERTIES	METRIC	COMMENTS
Melting Point	160 °C-170 °C	ASTM D3418
Glass Transition Temp.	55 °C-60 °C	ASTM D3417
Shrinkage	5%-15%	ASTM D32102 Boiling water

The encapsulation of both chemical agents took place individually and was carried out through the adsorption method. The porous silica and the chemical agent were mixed in a 1:1 W/W ratio and agitated for 24 hours at 40°C. Quality control tests such as DSL, TGA, FTIR and SEM, were conducted in order to characterize the obtained microcapsules.

PLA multifilament with incorporated microcapsules containing a chemical agent was extruded resorting to a 21mm twin screw extruder from Randall Technology Lta. The biopolymer pellets and the synthesized microcapsules were added through independent gravimetric feeders. The linear density, tenacity, elongation at rupture and work at rupture were determined.

Based upon those multifilament and with a Flat V-Bed Electronic Shima Seiki machine model SES 122FF three different knit structures were produced: Jersey; single piqué and French piqué.

Washing fastness and mosquito repellent efficacy using the “arm-in-cage” method as described in the protocol WHO/CDS/NTD/WHOPES/2009.4 are to be done.

This is an ongoing PhD thesis which is not completed and therefore results and conclusions are not yet possible.

REFERENCES

- [1]-Diaz, J. H. (2016). Chemical and plant-based insect repellents: Efficacy, safety, and toxicity. *Wilderness and Environmental Medicine*, 27(1), 153-163.
- [2]-Paul, Roshan - Ballistic and impact protection finishes for textiles. *Em Functional Finishes for Textiles* Hohenstein Institut für Textilinnovation gGmbH, Boennigheim Germany 1: Elsevier, 2015.
- [3]-Quian L., Hinestroza, J.P. (2004). Application of nanotechnology for high performance textiles. *Journal of textile and apparel, technology and management*. Vol.4 issue 1, summer.
- [4]-WHO (World Health Organization). (2015). *Who Report 2015*. Geneva, 27 Switzerland.

ARTIGO REF: 6897

A ENGENHARIA CLÍNICA EM MOÇAMBIQUE

Mário Forjaz Secca^(*)

Membro do Conselho Administrativo da IFMBE-International Federation of Medical and Biological Engineering e Chairman do Grupo de trabalho para os Países em Desenvolvimento da IFMBE, Portugal

^(*)*Email: marioforjazsecca@mac.com*

RESUMO

Neste trabalho são discutidas algumas ideias e considerações sobre a implementação da Engenharia Clínica em Moçambique, tendo em conta a sua situação de País em Desenvolvimento [1].

A Engenharia Clínica pode ser considerada uma importante especialidade dentro da Engenharia Biomédica, e vista como a aplicação da Engenharia Biomédica num ambiente hospitalar. A sua implementação em Países em Desenvolvimento apresenta vários desafios e dificuldades particulares.

Aqui não será discutido o papel exacto do Engenheiro Clínico, mas apenas apontadas algumas partes específicas do trabalho ou funções de um Engenheiro Clínico que são relevantes para Moçambique.

A falta de financiamento no sector de saúde é um dos principais problemas encontrados, intensificado pela nem sempre melhor e transparente gestão desses fundos. Apesar disso é essencial continuar a lutar pela colocação de Engenheiros Clínicos nos hospitais.

Há uma tendência para uma desequilíbrio geográfico para a capital, que suga prioritariamente muitos dos recursos para a saúde, dando menos importância a pequenos hospitais periféricos. Para além disso as dificuldades nos acessos por terra e nas comunicações complicam mais a situação. O Engenheiro Clínico deverá lutar por uma boa ligação informática, incentivando interações à distância, incluindo a telerradiologia.

Moçambique tem uma falta muito grande de médicos, profissionais de saúde e adoptou o conceito de Cidades de Saúde Primários (PHC) [2] para os seus serviços de saúde pelo país fora. Muito importante nesta filosofia é a adopção de tecnologia apropriada, sendo muito importante haver um conjunto de Engenheiros Clínicos para ajudarem com toda a tecnologia médica nas várias regiões.

A prevalência da medicina tradicional praticada pelo país fora, aliada ao facto de a implementação da medicina moderna ser muito recente traz outro nível de dificuldades. O Engenheiro Clínico deve estar ciente deste facto e saber ajudar a população a superar a desconfiança de muito do equipamento médico que é utilizado.

Em Moçambique ainda não faz muito sentido distinguir rigidamente os Engenheiros Clínicos do Físicos Médicos, devendo os Engenheiros Clínicos ter uma preparação um pouco mais alargada para cobrir a ponte entre as ciências básicas e a tecnologia e saber comunicar com os médicos nas duas perspectivas.

O principal problema com que se debate um Engenheiro Clínico em Moçambique é a dificuldade de manutenção dos equipamentos devido à falta de planos regulares de manutenção e de dificuldades na aquisição de peças. Nesta área o papel do Engenheiro

Clínico é essencial não só na melhor gestão da aquisição dos equipamentos, na aquisição e gestão dos planos de manutenção e na gestão da qualidade de funcionamento dos equipamentos.

A grande diversidade de fabricantes para um número reduzido de equipamentos traz dificuldade na implementação de um serviço eficaz de manutenção e gestão da qualidade de funcionamento.

Muito equipamento existente foi doado ao país sem planos de doação muito bem definidos, trazendo dificuldades na sua gestão e funcionamento. Os Engenheiros Clínicos deveriam estar envolvidos nas políticas e planos de doação para controlarem melhor a situação.

Os programas de treino para equipamentos médicos são muito limitados, não havendo não havendo de momento Engenheiros Clínicos certificados ou treinados no país, para cuidar, manter, reparar, e utilizar os equipamentos. Os Engenheiros Clínicos deveriam estar envolvidos no planeamento destes programas trazendo a sua experiência no campo.

Como podemos ver o Engenheiro Clínico em Moçambique vai encontrar vários problemas específicos relacionados com o seu trabalho, mas tem de estar ciente dos principais obstáculos à sua execução e ser versátil para saber lidar da melhor maneira possível com a realidade dos equipamentos médicos nos meio hospitalar moçambicano.

REFERÊNCIAS

[1]-Human Development Report 2014 - "Sustaining Human Progress: Reducing Vulnerabilities and Building Resilience". HDRO (Human Development Report Office) United Nations Development Programme.

[2]-World Health Organization. "Declaration of Alma-Ata". Adopted at the International Conference on Primary Health Care, Alma-Ata, USSR, 6-12 September 1978.

ARTIGO REF: 7001

CARACTERIZAÇÃO DO LÚMEN E DO FLUXO SANGUÍNEO NA BIFURCAÇÃO CAROTÍDEA COM ESTENOSE

Catarina F. Castro^{1,2(*)}, Luisa C. Sousa^{1,2}, Helena A.M. Henriques¹

¹Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal

²Institute of Science and Innovation in Mechanical and Industrial Engineering, Porto, Portugal

(*)*Email*: ccastro@fe.up.pt

RESUMO

As artérias carótidas são regiões propensas à formação de placas de ateroma, particularmente na bifurcação carotídea, provocando estenose e uma alteração nos padrões normais do fluxo sanguíneo. Nas últimas décadas, os avanços na área computacional têm apresentado desenvolvimentos na área da dinâmica de fluídos (CFD). A caracterização do fluxo sanguíneo baseada nos resultados da simulação numérica pode constituir uma nova ferramenta na prática clínica.

A ultrassonografia bidimensional (2D) da carótida é muito utilizada no diagnóstico da doença aterosclerótica por ser um método não invasivo e pouco dispendioso. O desenvolvimento de uma metodologia semiautomática de segmentação do lúmen em imagens longitudinais e transversais permite a criação de um modelo tridimensional (3D). Procurando uma metodologia de segmentação objetiva e reproduzível, desenvolveu-se um algoritmo de segmentação semiautomática do lúmen para imagens longitudinais e transversais; esta metodologia de crescimento de regiões baseia-se nas características ecogénicas dos tecidos e permite a extração do contorno do lúmen em imagens de ultrassom 2D modo-B.

Os resultados da simulação numérica do fluxo sanguíneo ilustram um comportamento hemodinâmico complexo permitindo analisar a correlação entre a fisiologia da parede da carótida e a sua influência local na hemodinâmica representando uma ferramenta computacional no diagnóstico e planeamento do tratamento da estenose carotídea.

INTRODUÇÃO

Uma das principais motivações deste trabalho é a utilização de imagens de ultrassom (US) para caracterizar o fluxo sanguíneo na bifurcação carotídea. Esta técnica imagiológica não invasiva, devido às suas propriedades não ionizantes, tem baixo custo, permite uma aquisição em tempo real e vem apresentando continuamente melhorias tecnológicas, destaca-se positivamente relativamente a outras técnicas de imagiologia vascular periférica. Uma das vantagens do US prende-se com a preocupação crescente em evitar técnicas imagiológicas com os efeitos nefastos para a saúde. A imagem de US tem sido bastante usada no diagnóstico das doenças cardiovasculares, nomeadamente na aterosclerose, fazendo parte da prática clínica. A técnica imagiológica de US Doppler permite a combinação entre informação morfológica visualizando da parede arterial e informação hemodinâmica pelo Doppler PW. Desta forma, o estudo não invasivo pelo US permite a determinação da presença ou não do processo patológico, a sua localização e quantificação, auxiliando na melhor terapêutica a ser seguida.

MÉTODOS

Os ultrassons (USs) caracterizam-se por ser ondas mecânicas, que transportam energia e se propagam longitudinalmente através de diversos meios, como uma onda de pressão pulsátil (acústica). A interação das ondas de US com o tecido estão sujeitas às leis da ótica geométrica, incluindo absorção, reflexão, refração, dispersão e interferência. Propagam-se com uma frequência superior a 20KHz, que corresponde à frequência máxima audível para os humanos. Tipicamente, os sistemas de US operam numa gama de 2-20 MHz, embora alguns se aproximem dos 40 MHz na imagiologia harmónica.

Formação da imagem de US

As imagens de US são originadas através de um padrão sequencial organizado que contém linhas acústicas ou vetores [40]. Estas linhas representam fisicamente uma gravação no tempo de ondas dispersas tridimensionais (3D) de diferentes profundidades. A formação da imagem começa pela transmissão de um pacote de pulsos que são conduzidos ao longo do eixo do vetor, onde a sua forma vai mudando de acordo com as características do meio sempre que existe uma mudança na densidade do tecido dentro da região de interesse. Essa mudança de meio faz com que o pulso se disperse por uma série de estruturas (obstáculos), localizadas a diferentes profundidades, resultando em diferentes atrasos no pulso. Os elementos piezoelétricos da sonda/transdutor de pulsos-ecos recebem as reflexões. Posteriormente determina-se a profundidade de cada estrutura, considerando uma velocidade de onda constante. A superfície do transdutor integra as ondas intercetadas anteriormente, adicionando pesos e tempos de atraso para focar e formar o feixe. Esta integração vai provocar a redução dos sinais dispersos 3D para um registo unidimensional (1D), cujo envelope é detetado resultando num envelope RF, sinal (ERF). O detetor de envelopes tira as elevadas frequências do sinal, como entrada e dá como saída o “envelope” do sinal original, por um portador de frequência de filtragem passa-baixo (Szabo, 2004).

A segmentação automática de uma imagem de US baseia-se num conjunto de técnicas matematicamente bem definidas e utiliza algoritmos de análise da intensidade de pixels individuais e das suas vizinhanças. Estes métodos nem sempre conduzem a bons resultados essencialmente devido ao ruído, à complexidade da imagem e à falta de contraste entre regiões. A utilização de técnicas semiautomáticas permite a intervenção do utilizador no sentido de minimizar os erros introduzidos pelo processo de segmentação automática.

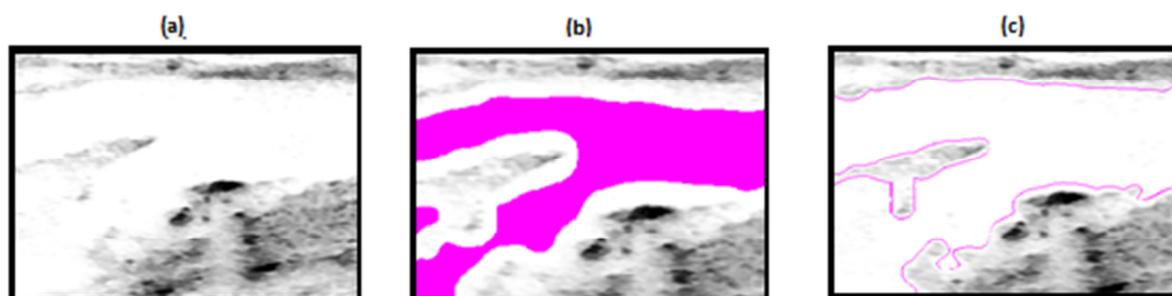


Fig. 1 - Metodologia da segmentação: (a) imagem original; (b) preenchimento do lúmen; (c) contorno final.

Uma das técnicas recentemente apresentada consiste num algoritmo de utilização das características hipoecóicas do lúmen e da bifurcação da artéria carótida (Santos et al., 2013). A informação obtida é então utilizada para definir contornos iniciais, que correspondem um ao lúmen e o outro aos limites exteriores da bifurcação. Usando a informação das imagens segmentadas, poder-se-á inferir um modelo 3-D da bifurcação da carótida (Schulz e Rothwell, 2001; Sousa et al. 2012).

Modelação numérica do fluxo sanguíneo

Os modelos de simulação da hemodinâmica dos fluídos recorrem a métodos computacionais/ numéricos CFD utilizando tradicionalmente técnicas baseadas nos métodos de elementos finitos (MEF) ou então de volumes finitos (MVF) para solucionar as equações que governam o movimento dinâmico dos fluídos. Estes estudos permitem a simulação de campos de fluxo completos dentro de um domínio específico, em espaço e tempo. Os vetores de velocidade do fluxo, e as pressões são calculados no domínio em estudo, condicionados pelas condições de fronteira. Os modelos mais recentes incorporam as interações fluído-estrutura (FSI) para além dos fatores mecânicos (deformação e tensões). O processo típico para a implementação de uma simulação do fluxo através de imagens médicas passa pelos seguintes passos: segmentação da imagem, reconstrução do modelo 3D, geração da malha e por fim análise hemodinâmica do fluxo.

RESULTADOS

A modelação computacional baseada em imagens é capaz de simular parâmetros que não podem ser diretamente medidos ou derivados diretamente de imagens médicas desde que apresentem uma resolução aceitável, i.e., uma base de dados confiável.

A equipa de Sousa et. al (2102, 2013) tem desenvolvido vários trabalhos nesta área. No trabalho publicado em 2013, apresentou um método MEF derivado de imagens US in vivo, que estuda os fenómenos de fluxo específicos associados com a aterosclerose. O sangue foi modelado como um fluído newtoniano, isotrópico, incompressível (1060Kg/m^3), paredes rígidas e uma viscosidade constante (0.0035Kg/(m.s)). Na Figura 2 apresentam-se resultados de uma simulação do fluxo sanguíneo da bifurcação de uma artéria carótida com estenose considerando o instante em que o fluxo de entrada corresponde ao pico sistólico.

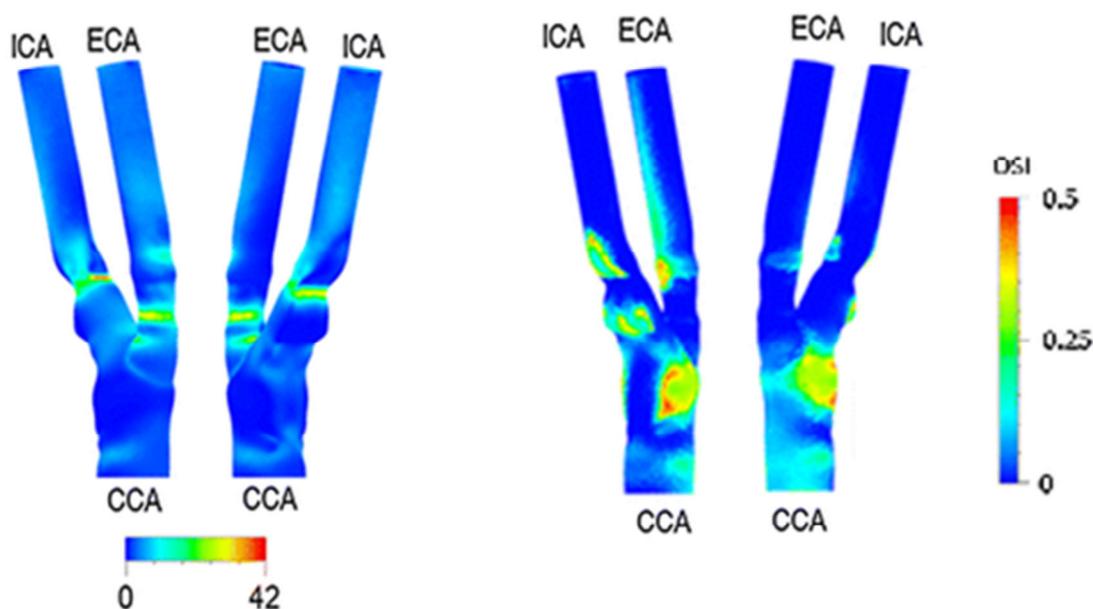


Fig. 2 - Distribuição das WSS (Pa) e do OSI.

É no pico sistólico que se registam os maiores valores de tensão de corte nas paredes (WSS) dentro da estenose e no interior da parede da artéria carótida externa ECA forçados pelos elevados gradientes de velocidade. Na zona interior da artéria carótida interna ICA encontram-se as zonas de recirculação, a separação induzida pelo vértice/pico do seio externo.

Em 2014, a mesma equipa apresentou um estudo de simulação computacional baseado em imagens de US (6 pacientes), investigando as condições hemodinâmicas que estão por detrás do diagnóstico da estenose da artéria carótida. Utilizou-se um método MEF, as condições de fluxo impostas basearam-se nas medidas de US e o sangue foi modelado num modelo de viscosidade Newtoniana sob condições pulsáteis. Os resultados mostraram elevados valores de WSS nos locais de estenose, no bolbo e nos ramos da ICA e ECA registando-se baixos valores de tempo médio de WSS (TAWSS), dependendo das particularidades de cada paciente. As regiões que correlacionam os valores de TAWSS médios ou moderados estão associadas a fluxos altamente perturbados, elevados valores do índice oscilatório (OSI) identificando regiões onde a parede do vaso é submetida a valores altos de oscilação de WSS, durante o ciclo cardíaco sugerindo uma forte ligação a mecanismos biológicos subjacentes ao desenvolvimento de doenças associadas à aterosclerose.

CONCLUSÕES

O estudo do fluxo sanguíneo na bifurcação carotídea com uma estenose ilustra um comportamento hemodinâmico complexo. Esta investigação revela que os índices hemodinâmicos permitem identificar as regiões do lúmen de fluxo anormal e também zonas de estagnação. Os resultados obtidos para as distribuições dos índices hemodinâmicos sugerem a correlação de regiões de fluxo anormal permitindo assim identificar zonas propícias ao desenvolvimento e progressão de aterosclerose.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem o financiamento da FCT, Portugal, Unidade de Investigação LAETA-INEGI, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

REFERÊNCIAS

- [1]-Santos A, Santos R, Castro P, Azevedo E, Sousa L, Tavares J. A novel automatic algorithm for the segmentation of the lumen of the carotid artery in ultrasound B-mode images, *Expert Syst. Appl.* 2013, 40(16):6570-6579.
- [2]-Schulz UGR, Rothwell PM. Major variation in carotid bifurcation anatomy. A possible risk factor for plaque development?. *Stroke*, 2001, 32, p. 2522-2529.
- [3]-Sousa LC, Castro CF, António CAC, Chaves R. Blood flow simulation and vascular reconstruction, *J. Biomech.*, 2012, 45:2549-2555.
- [4]-Sousa L, Castro C, António C, Santos A, Santos R, Castro P, Azevedo E, Tavares J, Towards hemodynamic diagnosis of carotid artery stenosis based on ultrasound image data and computational modeling, *Med Biol Eng Comput*, 2014, vol. 52, p. 971-983.
- [5]-Szabo TL, *Diagnostic Ultrasound Imaging: Inside Out*, vol. xviii. Academic Press, 2004, p.2, 37, 38, 53, 54, 111.

PROCEEDINGS CLME2017 / V CEM

**8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia
V Congresso de Engenharia de Moçambique
Maputo (Moçambique), 4-8 Setembro 2017**

SIMPÓSIO-14

Ambientes Térmicos, Ergonomia e Riscos de Saúde Pública

Coordenadores

Mário Talaia^{1(*)} e João S. Baptista^{2(*)}

¹Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Aveiro, Portugal

²Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal

^(*)Editores Associados para os artigos deste Simpósio

ARTIGO REF: 6437

A EVAPORAÇÃO E O VAPOR DE ÁGUA NA ATMOSFERA: UM ESTUDO DE CASO NA REGIÃO DE AVEIRO

Mário Talaia^(*)

Universidade de Aveiro, Departamento de Física (CIDTFF) - Aveiro, Portugal

^(*)*Email:* mart@ua.pt

RESUMO

Na literatura da especialidade estão disponíveis vários métodos para a determinação da evaporação. O processo da evaporação de água e seu balanço é estudado. São usados alguns métodos e os dados permitem apresentar uma expressão empírica aplicável à região que permite fazer a previsão da quantidade de água que passa do estado líquido ao estado de vapor de água.

Neste trabalho é estimada a evaporação na região de Aveiro, zona litoral norte de Portugal, para um período de 8 anos de dados registados na estação meteorológica clássica da Universidade de Aveiro. Os resultados obtidos mostram que a evaporação é influenciada pela radiação solar direta que condiciona a temperatura do ar e a intensidade da velocidade do vento durante os meses do ano. É apresentada uma correlação ortogonal que permite prever a evaporação da água quando se consideram os valores do evaporímetro de Piche e da tina de evaporação de Classe A.

INTRODUCTION

A evaporação é um processo de duas fases. A primeira fase ocorre quando as moléculas de água adquirem energia suficiente para romperem a camada superficial na interface líquido/gás e escapam para a atmosfera. O vapor de água injetado na atmosfera aumenta a temperatura de ponto de orvalho ou seja aumenta a quantidade de água no estado gasoso. Para acontecer a primeira fase do processo a energia necessária é fornecida principalmente pela radiação solar. Pode-se afirmar que a segunda fase consiste em transportar as moléculas de vapor de água da vizinhança da superfície da interface da água para a atmosfera.

As gotas de água que caem no solo e que definem a precipitação é distribuída através do relevo do solo para rios e lagos. Uma parte infiltra-se no solo e forma os lençóis freáticos. Por exemplo, durante a sua residência em lagos parte dessa água, devido a influência direta da radiação solar e ao poder absorvente do ar húmido, evapora e volta à atmosfera (Talaia e Coelho, 2006).

Durante os últimos 50 anos houve um grande aumento no número de lagos artificiais para o armazenamento de água de irrigação, abastecimento de água municipal, geração de energia, arrefecimento industrial ou simplesmente para fins ornamentais em áreas residenciais urbanas. A evaporação de água de lagos naturais ou artificiais suscita uma perda importante e crescente do balanço de água terrestre, particularmente em regiões áridas (Dunne e Leopold, 1978).

O cálculo do balanço hídrico e das flutuações da salinidade nas zonas litorais, como é o caso da região de Aveiro, necessita de prever taxas de evaporação durante o ano (Langbein, 1961; UNESCO/WHO/UNEP, 1996).

Os métodos de estimativa da evaporação incluem métodos de balanço de água e de energia, métodos comparativos como por exemplo a tina de evaporação de Classe A e o evaporímetro de Piche e métodos aerodinâmicos que valorizam a turbulência do ar e o gradiente de transferência de massa.

É sabido que o intercâmbio de vapor de água entre uma superfície de água e a atmosfera é um processo que é condicionado pela radiação solar e pelas grandezas meteorológicas (Talaia e Augusto, 2008). São determinantes a humidade relativa do ar e a intensidade da velocidade do vento. Uma atmosfera absorvente ou seja com baixo valor de humidade relativa do ar registado indicia que para uma alta temperatura do ar favorece uma admissão de vapor de água se houver corpos de água. Equivale a afirmar que a temperatura de ponto de orvalho aumenta através da admissão no ar húmido (atmosfera) que condiciona a quantidade de água no estado gasoso (Talaia e Vigário, 2016)

Segundo Peixoto (1973) o processo de evaporação de água nas superfícies livres de água favorece a geração de muitas fórmulas que relacionam variáveis meteorológicas, ou equações de regressão que ligam as medidas registadas no evaporímetro de Piche a outros instrumentos (Peixoto, 1973). Nestas circunstâncias surgiu o grande interesse de determinar a evaporação através de métodos experimentais e teóricos.

MÉTODOS

Diferentes métodos estão disponíveis na literatura da especialidade para estimar o valor da evaporação de água (Gelabert, 1984). A interpretação e comparação dos resultados obtidos é difícil porque há diferentes hipóteses e diferentes escalas temporais e espaciais.

O método mais comum para estimar a evaporação de uma superfície livre de água em contato com a atmosfera é através do uso de uma tina de evaporação. A Standard National Weather Service Class A tina de evaporação é a mais usada e é colocada a céu aberto. A evaporação é medida, normalmente de 24 em 24 horas, com base na flutuação da coluna de água contida no recipiente (tina), em que a cada 24 horas é calculado o balanço de água tendo por dados o valor lido da coluna de água e o valor da precipitação (num udómetro ou udógrafo).

Um método usado neste trabalho para estimar a evaporação foi o de Penman-Kohler para relacionar a evaporação estimada num tanque de Classe A com variáveis meteorológicas.

A equação de Penman (1948) que permite estimar o valor da evaporação E_{tina} ($mm.dia^{-1}$) é dada por

$$E_{tina} = \left[\frac{(R_n \Delta + E_a \gamma)}{(\Delta + \gamma)} \right] \quad (1)$$

em que R_n representa a radiação líquida ($mm.dia^{-1}$), Δ a inclinação da curva de tensão saturante à temperatura T_a , E_a um parâmetro função da velocidade do vento e do défice de pressão de saturação determinado através de $\left[= (a + bv)(e_s - e_a) \right]$, γ uma constante (equação

paramétrica, valor usado 0,61), a e b são constantes a determinar que dependem de fatores topográficos, v a intensidade da velocidade do vento (km.dia⁻¹), e_s a pressão parcial de vapor de saturação à temperatura do ar T_a (mm.Hg), e_a a pressão parcial de vapor atual à temperatura do ar T_a (mm.Hg).

ou

$$E_{\text{tina}} = \left(H \frac{\Delta}{A} + E_a \right) / \left(\frac{\Delta}{A} + 1 \right) \quad (2)$$

onde $E_a = (0,013 + 0,00016v)(1 - U)e_{w(T_s)}$ (cm.dia⁻¹) com v a representar a intensidade da velocidade do vento a 2m acima da superfície livre de água (km.dia⁻¹), U a humidade relativa do ar em centésimas, $e_{w(T_s)}$ a pressão de vapor saturado à temperatura do ar T_a (hPa), T_a a temperatura média do ar com base da temperatura máxima e mínima de cada dia (°C); H representa a radiação útil expressa em altura de evaporação dada por $[= Q_n / (\rho \ell)]$ com ρ a representar a massa volúmica da água (g.cm⁻³), ℓ o calor de transformação cujo valor usado foi 590cal.g⁻¹, Q_n a radiação útil dada por $(= 0,890Q_s - 56)$ (cal.cm⁻².dia⁻¹), Q_s a radiação solar incidente (ou radiação global) dada por $[= I_0 (0,803 - 0,340C - 0,458C^2)]$, I₀ a constante solar sendo um valor tabelado que depende da latitude (neste trabalho usou-se o valor 355cal.cm⁻².dia⁻¹), C a nebulosidade média mensal, Δ/A um parâmetro adimensional função da temperatura média do ar (retirado de tabelas).

Foram usadas fórmulas empíricas para estimar a evaporação de superfícies livres de massa de água, através da utilização de dados meteorológicos registados numa estação meteorológica (Gelabert, 1984). A justificação do uso de algumas variáveis não é de simples explicação assim como a estatística usada para a dedução de expressões. As fórmulas empíricas usadas foram de Christiansen and Hargreaves (Geabert, 1984), designadas de primeira fórmula empírica de Christiansen and Hargreaves

$$E_{\text{tina}} = 17,4 C_a T_a F_H F_v F_s F_h \quad (2)$$

e de segunda fórmula empírica de Christiansen and Hargreaves

$$E_{\text{tina}} = 0,459 R_t C_t C_v C_H C_s C_h \quad (3)$$

em que E_{tina} representa o valor da evaporação na tina (mm.mês⁻¹), C_a um coeficiente que depende da duração média dos dias do mês (há disponíveis tabelas para diferentes meses do ano e função da latitude), T_a a temperatura média mensal do ar, F_H um fator que depende da humidade relativa do ar dado por $(= 0,59 - 0,55H^2)$, H a humidade relativa média mensal em centésimas, F_v um fator que depende da intensidade da velocidade do vento $(= 0,75 + 0,0255\sqrt{v})$, v a intensidade da velocidade do vento em km.dia⁻¹, F_s um fator que depende da insolação dado por $[= 0,478 + 0,58(n/N)]$, (n/N) a insolação relativa em centésimas, F_h um fator que depende da altitude dado por $(= 0,950 - 0,0001h)$, h a altitude do lugar (m), R_t radiação mensal no topo da atmosfera expressa em evaporação equivalente (mm.dia⁻¹) - são disponíveis na literatura da especialidade tabelas com distribuição nos meses

e nas latitudes em $\text{cal.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ e tabelas com valores médios mensais da radiação no topo da atmosfera expressa em mm.dia^{-1} de evaporação equivalente, C_t um fator que depende da temperatura dado por $\left[=0,393+0,559(T_a/T_0)+0,048(T_a/T_0)^2\right]$, T_0 a temperatura de referência assumida ser de 20°C , C_v um fator que depende do vento dado por $\left[=0,708+0,328(v/v_0)-0,036(v/v_0)^2\right]$, v_0 a intensidade da velocidade do vento de referência assumida ser $96,56\text{km.dia}^{-1}$, C_H um fator que depende da humidade relativa do ar dado por $\left[=1,25-0,242(H/H_0)-0,013(H/H_0)^6\right]$, H_0 a humidade relativa do ar de referência assumida ser $0,55$, C_s um fator que depende da insolação dado por $\left[=0,542+0,640(S/S_0)-0,499(S/S_0)^2+0,317(S/S_0)^3\right]$ em que $S = n/N$, S_0 a insolação de referência assumida ser $0,80$, C_h um fator que depende da altitude dado por $(=0,970-0,030h/h_0)$, h_0 altura do lugar assumida como referência de valor 305m .

Com base nos resultados registados e reais foi desenvolvida uma fórmula empírica condicionada ao longo do ano pelos meses e temperatura média mensal para a região de Aveiro, com coordenadas geográficas cerca de 40°N e 8°W . A temperatura média diária do ar foi calculada pela média entre a temperatura mínima e máxima de cada dia.

Foi assumido que a evaporação da água é apenas controlada no tempo e na temperatura média mensal e é determinada por,

$$E_{\text{tina}} = AT_a^4 + BT_a^3 + CT_a^2 + DT_a + 90 \quad (4)$$

onde para cada mês as constantes são indicadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Constantes para a região de Aveiro

Meses	A	B	C	D
Janeiro	$3,18 \times 10^{-5}$	$-6,97 \times 10^{-3}$	0.46	-8.21
Fevereiro	$2,79 \times 10^{-4}$	$-3,56 \times 10^{-2}$	1.35	-14.13
Março	$7,36 \times 10^{-4}$	$-7,35 \times 10^{-2}$	2.19	-18.00
Abril	$1,83 \times 10^{-3}$	$-1,46 \times 10^{-1}$	3.46	-22.61
Maio	$1,78 \times 10^{-3}$	$-1,43 \times 10^{-1}$	3.41	-22.46
Junho	$2,35 \times 10^{-3}$	$-1,76 \times 10^{-1}$	3.92	-24.06
Julho	$3,15 \times 10^{-3}$	$-2,19 \times 10^{-1}$	4.54	-25.90
Agosto	$5,03 \times 10^{-3}$	$-3,11 \times 10^{-1}$	5.73	-29.11
Setembro	$1,20 \times 10^{-2}$	$-5,95 \times 10^{-1}$	8.84	-36.15
Outubro	$2,93 \times 10^{-2}$	-1,17	13.83	-45.22
Novembro	$9,33 \times 10^{-2}$	-2,78	24.69	-60.42
Dezembro	$2,36 \times 10^{-1}$	-5,57	39.24	-76.16

Uma expressão é apresentada para mostrar a correlação entre a evaporação obtida numa tina evaporimétrica de Classe A e um evaporímetro de Piche. Há uma diferença entre os dois métodos pois os instrumentos de medida estão localizados em situação desigual. Enquanto a tina de evaporação de Classe A é colocada a céu aberto e sujeita à radiação solar direta o evaporímetro de Piche é colocado no interior de um abrigo meteorológico.

A Figura 1 mostra a tina evaporimétrica de Classe A usada neste trabalho. De salientar que a tina evaporimétrica de Classe A é colocada totalmente a céu aberto e num estrado horizontal de madeira (tem a vantagem de se observar se há fugas de água). Tem no seu interior um sistema de medição métrica de parafuso com precisão ao milímetro. Uma bóia com termómetros está colocada no interior da tina. A imagem do lado direito da Figura 1 mostra o pormenor do sistema de medir a evaporação.



Fig. 1 - Tina de evaporação Classe A com anemómetros e pormenor do instrumento de medida.

A Figura 2 mostra o abrigo meteorológico onde está colocado o evaporímetro de piche (é um instrumento de medida idêntico a uma proveta invertida). A seta indica a localização do evaporímetro de Piche e a imagem da direita da Figura 2 mostra como é colocado na parede de madeira de persianas inclinadas. Na base ou boca, como se observa, está colocado um suporte próprio com papel de filtro que permite a evaporação da água contida no instrumento.



Fig. 2 - Abrigo meteorológico e evaporímetro de Piche.

A escala do instrumento indica a posição do nível da água destinada e a diferença entre duas medidas (normalmente de 24h) indica o valor da evaporação. A escala está calibrada de modo a indicar directamente a unidade mmca (milímetros coluna de água evaporada).

RESULTADOS E SUA DISCUSSÃO

Pode-se considerar impossível medir directamente a evaporação de uma superfície de água em contacto com a atmosfera. O processo de evaporação envolve inúmeros fatores que dificulta a previsão do seu valor devida a natureza do fenómeno envolvido. A variedade de instrumentos e métodos limitou a frequente comparação de resultados.

Na região de Aveiro os dados experimentais da evaporação foram lidos na tina de evaporação de Classe A e no evaporímetro de Piche.

Na Figura 3 são mostradas diferentes linhas que indicam a evaporação mensal de acordo com o método usado e os dados experimentais.

A observação visual das linhas indicadas na Figura 3 mostra inequivocamente que o método desenvolvido neste trabalho é o que apresenta maior precisão. Os outros métodos mostram um erro sistemático face aos valores reais registados.

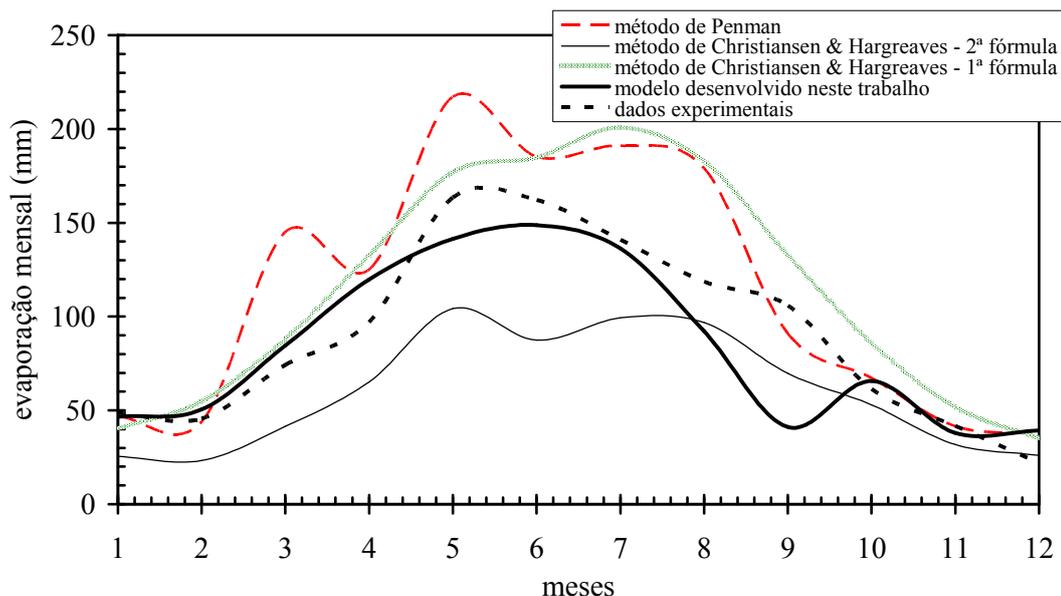


Fig. 3 - Evaporação mensal estimada e real usando diferentes métodos.

Na Figura 4 são mostradas diferentes linhas de evaporação acumulada no ano de acordo com o método usado e os dados experimentais.

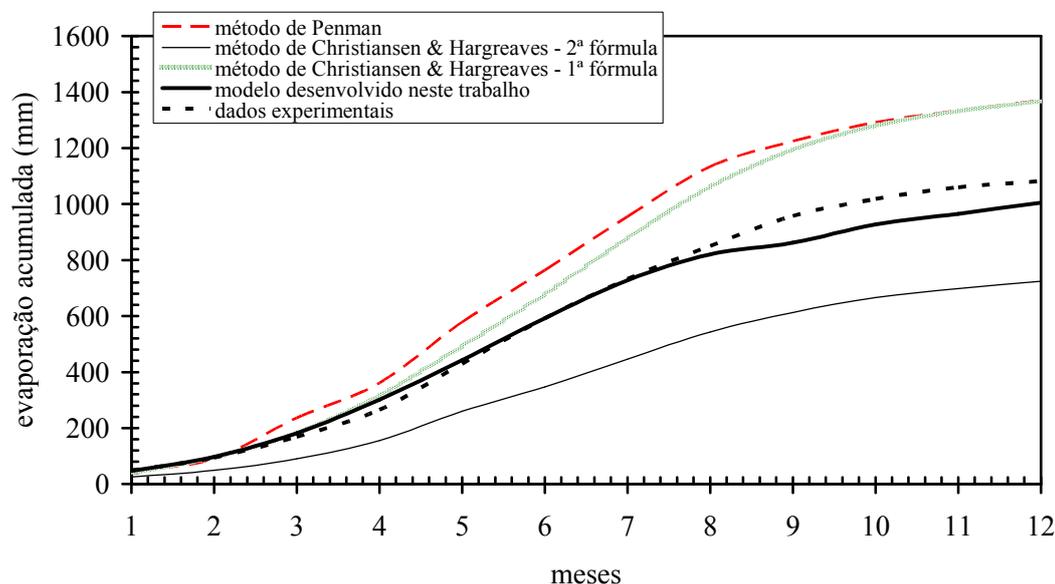


Fig. 4 - Evaporação acumulada estimada e real usando diferentes métodos.

A observação visual da Figura 4 mostra que o método desenvolvido neste trabalho sugere uma boa estimativa para a evaporação ao longo do ano.

Fez-se uma comparação entre os dados registados na tina evaporimétrica de Classe A e o evaporímetro de Piche usando uma correlação ortogonal.

A Figura 5 mostra os pares de valores registados e acumulados para o ano (em número de doze meses) e a linha de tendência com um declive de 1,116. Regista-se um ponto médio de coordenadas: evaporação na tina de Classe A igual a 598,5mm e evaporação de Piche igual a 547,6mm. O valor no ponto médio da estimativa da evaporação é de 597,6mm e a correlação apresenta significância com um coeficiente de correlação de 0,9942.

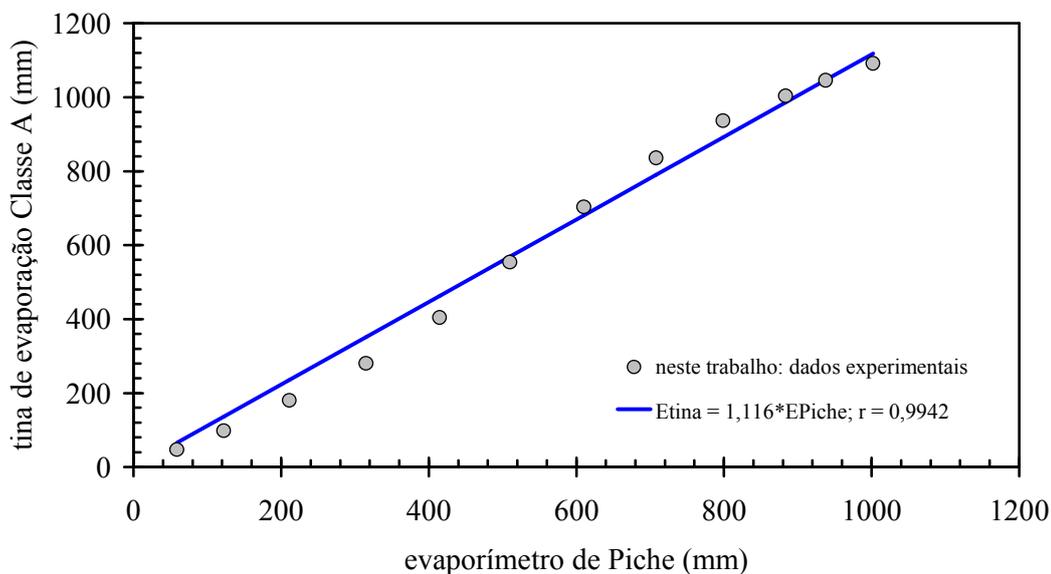


Fig. 5 - Correlação ortogonal entre dados registados na estação meteorológica da Universidade de Aveiro.

Para um total de 96 pontos registados (ou 96 meses) estudaram-se correlações para a região de Aveiro quando são usados os dados reais da tina evaporimétrica de Classe A e o evaporímetro de Piche.

A correlação encontrada mostra que para se prever a evaporação em mm.mês^{-1} sugere-se a expressão,

$$E_{\text{tina}} = 1.271E_{\text{Piche}} - 15.18 \quad (\text{mm.mês}^{-1}) \quad (5)$$

com um coeficiente de correlação de 0,7123

e

$$E_{\text{tina}} = 0.512E_{\text{Piche}} + 521.06 \quad (\text{mm.ano}^{-1}) \quad (6)$$

Este ultimo resultado parece concordante com o valor encontrado por Lourenço e Macedo (1982) para o Sul de Portugal e dado por,

$$E_{\text{tina}} = 0.422E_{\text{Piche}} + 915.245 \quad (\text{mm.ano}^{-1}) \quad (7)$$

CONCLUSÕES

Para a zona litoral norte de Portugal, região de Aveiro, foi estudado o processo de evaporação. Diferentes métodos foram usados para estimar o valor da evaporação de um corpo de água de uma tina de evaporação de Classe A.

Os dados registados permitiram desenvolver uma fórmula empírica que prevê a evaporação por mês função da temperatura média do ar.

Os resultados obtidos sugerem que a fórmula empírica deduzida neste trabalho prevê valores que acompanham os dados reais registados, com uma precisão de cerca de 7%.

Dados registados num evaporímetro de Piche foram estudados e comparados com os dados registados na tina evaporimétrica de Classe A, no mesmo período de tempo (8 anos). Foram deduzidas e apresentadas correlações ortogonais que permitem abordar e conhecer a relação entre os dois instrumentos de medida.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece parte do suporte financeiro concedido pela FCT, o que significa que o trabalho foi, também, financiado por Fundos Nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto UID/CED/00194/2013.

REFERÊNCIAS

[1]-Carvalho, J.D. & Lourenço, J.M., Evaporação. Determinação de relações tanque A-Piche em Moçambique, Lourenço Marques, 1970.

[2]-Dunne, T. & Leopold, L.B., Water in Environmental Planning, W.H. Freeman and Company, San Francisco, 1978.

[3]-Gelabert, J.M., Evaporación en embalses, Secretaria General Tecnica, Madrid, 1984.

[4]-Langbein, W.B., Salinity and Hydrology of closed lakes, U.S. Geological Survey Professional Paper 412, 1961.

[5]-Lourenço, J.M. & Macedo, M.E.V.Z., Relação entre a evaporação Tina e Piche, Recursos Hídricos, Vol 3 (1), Lisboa, 1982.

[6]-Peixoto, J.P., Hidrometeorologia dinâmica. Instituto Geofísico Infante Don Luís, Lisboa, 1973.

[7]-Penman, H.L., Natural evaporation from open water, soil and grass, Proceedings of the Royal Society of London, Series A, Vol. 193, pp. 120-145, 1948.

[8]-UNESCO/WHO/UNEP, Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring. Edited by Deborah Chapman. University Press, Cambridge, 1996.

[9]-Talaia, M. & Vigário C., Temperatura de ponto de orvalho: um risco ou uma necessidade. In Geografia, Cultura e Riscos. Livro de Homenagem ao Prof. Doutor António Pedrosa. Luciano Lourenço (Coords.), Imprensa da Universidade de Coimbra, pp. 169-197, 2016.

[10]-Talaia, M. e Augusto A.C., O Processo da Evaporação numa Actividade Simples. Educación Enerxética, Enerxías Renovables e Cambio Climático. In Colección: Informes e Propostas n.º 20. ICE, Rodrigues, J.M. e Domínguez, M.A.F. (Eds.). Universidade Santiago de Compostela, pp. 235-241, 2008.

[11]-Talaia, M. e Coelho, A., A evaporação da água numa perspectiva de ciclo hidrológico. Boletín das ciencias, Ano 19, N.º. 61, pp. 143, 2006.

ARTIGO REF: 6438

ESCOAMENTO DE DUAS FASES: LEITO FLUIDIZADO A DIFERENTES PRESSÕES

Mário Talaia^(*)

Universidade de Aveiro, Departamento de Física (CIDTFF) - Aveiro, Portugal

^(*)*Email:* mart@ua.pt

RESUMO

Neste trabalho são apresentados vários exemplos experimentais de leitos fluidizados (areia e ballotini) atravessados por uma corrente de gás (ar comprimido ou argon). A parede interna da coluna vertical (em aço ou perspex) controla o movimento das partículas. As experiências foram realizadas a diferentes pressões, com o objetivo de interpretar sinais e conhecer a influência da pressão na massa volúmica do gás.

É apresentado um novo conjunto de experiências realizadas a uma pressão de 5bar num leito fixo de partículas de ballotini de 0,200mm ou 0,490mm.

As imagens e os sinais registados pelos transdutores diferenciais de pressão permitiram caracterizar o comportamento do leito, a frequência da formação de bolhas tubulares, propriedades físicas do gás e do leito fluidizado e velocidade das bolhas tubulares.

INTRODUÇÃO

Se um gás atravessar um leito de partículas o leito permanece inalterável até que a velocidade da corrente gasosa atinja um valor crítico que vai colocar as partículas em suspensão. Nessa situação, a queda de pressão medida, por exemplo, na base do leito é igual ao peso das partículas por unidade de área na base do leito permite a determinação da velocidade mínima de fluidização.

Se a corrente gasosa for aumentada acima das condições mínimas para ser gerado leito fluidizado, o leito expande-se de modo a que os interstícios entre partículas aumentarão. Se essa corrente gasosa aumentar ainda mais observa-se a formação de bolhas gasosas que ascendem no interior do leito. Estas bolhas são formadas com base no excesso de gás que é determinado pela diferença entre o caudal de gás injetado e o caudal de gás que gera condições de fluidização. Se a corrente gasosa continuar a aumentar as bolhas tomam o aspecto de “balas” axiais ou bolhas tubulares (em inglês “slugging”).

Para caudais elevados de gás, a agitação no interior do leito torna-se violenta e o movimento das partículas fica vigoroso, provocando grande instabilidade. Para um caudal de gás suficientemente elevado a velocidade terminal das partículas pode ser excedida e a superfície superior do leito desaparece observando-se um transporte pneumático de partículas para fora do leito.

O estudo dinâmico de bolhas em leitos fluidizados é importante em diversas aplicações, nomeadamente na formação de dunas, no transporte pneumático de partículas e na separação

de partículas, ver por exemplo Bagnold (1973), Ogawa e Beddow (1984) e Davidson *et al* (1985).

Neste trabalho é apresentada a teoria de duas fases aplicada a diferentes leitos fluidizados. São apresentados alguns exemplos e é feita uma abordagem comparativa de experiências entre leitos de diferentes partículas de ballotini e com a mesma pressão absoluta interior com alteração do caudal de ar injetado na base de uma coluna.

FLUIDIZAÇÃO

Normalmente as partículas usadas em leitos apresentam uma distribuição de diferentes tamanhos. O diâmetro médio das partículas d_p pode ser avaliado a partir da fórmula,

$$d_p = 1 / \left[\sum_i (x_i / d_{pi}) \right] \quad (1)$$

em que x_i representa a fracção do peso das partículas de diâmetro d_{pi} , em cada gama de partículas considerada.

A velocidade mínima de fluidização, u_{mf} , em que $u_{mf} = u_{mf}(\rho_p, \rho_g, d_p, \mu_g)$ acontece quando pela primeira vez, à menor velocidade superficial ($U_s = Q_g/A$) o peso das partículas iguala $\Delta P_f (\pi/4) D^2$, ou seja $\Delta P_f = (\rho_p - \rho_g) L_{mf} (1 - \epsilon_{mf}) g$, em que ρ_p representa a massa volúmica das partículas, ρ_g a massa volúmica do gás, μ_g a viscosidade dinâmica do gás, Q_g o caudal do gás, A a área da secção recta da coluna, ΔP_f a queda de pressão nas condições mínimas de fluidização, L_{mf} a altura do leito de partículas na condição mínima de fluidização, g a aceleração da gravidade local e ϵ_{mf} a porosidade do leito de partículas nas condições mínimas de fluidização (Davidson e Harrison, 1963; Geldart, 1986; Ergun, 1952; Kunii e Levenspiel, 1991).

A velocidade superficial de um leito de partículas é determinada através da expressão

$$U = \frac{Q}{A} \quad (2)$$

Na literatura disponível da especialidade há inúmeras expressões que permitem avaliar o valor da velocidade mínima de fluidização [uma das mais usadas é a formula de Ergun (1952)]. Por exemplo, Geldart e Abrahamsen (1981) mostraram que quando $d_p < 100 \mu m$,

$$Re_{mf} = \frac{\left[(\rho_p - \rho_g) g \rho_g \right]^{0,934} d_p^{2,8}}{1111 \mu_g^{1,87}} \quad (3)$$

e, Talaia (2002a) mostrou que quando $d_p > 100 \mu m$,

$$Re_{mf} = \left[(28,7)^2 + 0,0428 Ga \right]^{1/2} - 28,7^2 \quad (4)$$

em que $Ga = \left[\rho_g d_p^3 (\rho_p - \rho_g) g \right] / \mu_g^2$ é o número de Galileu (também conhecido por número de Arquimedes, Ar) e $Re_{mf} = (\rho_g u_{mf} d_p) / \mu_g$ o número de Reynolds nas condições mínimas de fluidização.

A expressão (4) pode apresentar o aspeto geral

$$Re_{mf} = \left[(C_1)^2 + C_2 Ga \right]^{1/2} - C_1^2 \tag{5}$$

quando são introduzidas as constantes C_1 e C_2 . Vários autores indicam na literatura diferentes valores para essas constantes conforme se mostra na Tabela 1.

Tabela 1 - valores para as constantes da expressão (5)

Autores	C_1	C_2
When e Yu (1966)	33.7	0.0408
Richardson (1971)	25.7	0.0367
Saxena e Vogel (1977)	25.3	0.0571
Babu <i>et al.</i> (1978)	25.3	0.0651
Grace (1982)	27.2	0.0408
Chitester <i>et al.</i> (1984)	28.7	0.0494
Talaia (2002a)	28.7	0.0428

Em experiências cuja pressão do gás injetado e no interior da coluna é superior à pressão atmosférica devem ser usadas as seguintes expressões que são introduzidas na resolução da expressão (5)

$$Ga = \frac{\rho_g p_{ic}}{\mu_g^2 p_0} d_p^3 \left(\rho_p - \rho_g \frac{p_{ic}}{p_0} \right) g \tag{6}$$

e

$$Re_{mf} = \frac{\rho_g u_{mf} d_p p_{ic}}{\mu_g p_0} \tag{7}$$

em que p_{ic} representa a pressão absoluta no interior da coluna e p_0 a pressão atmosférica.

A velocidade terminal das partículas, U_t , pode ser avaliada a partir do conhecimento do número de Galileu. Este, como já referido, depende apenas das propriedades físicas das partículas e do gás. Schiller e Naumann (1933) mostraram que a velocidade terminal das partículas pode ser determinada usando a função $Ga = \phi(Re_t)$ de acordo com as seguintes condições fronteiras: para $Ga \leq 3,6 \rightarrow Ga = 18 Re_t$; para $3,6 < Ga \leq 10^5 \rightarrow Ga = 18 Re_t + 2,7 Re_t^{1,687}$ e para $Ga > 10^5 \rightarrow Ga = \frac{1}{3} Re_t^2$, ou seja, conhecido o valor do

número de Galileu, G_a , determina-se, por aplicação da expressão da condição fronteira, conforme a situação, o valor do número de Reynolds para a velocidade terminal, Re_t , sabendo que $Re_t = (\rho_g U_t d_p) / \mu_g$.

Na situação da injeção de gás registrar um caudal elevado o critério de Stewart (1965) pode ser testado dado definir condições de início de “slugging” a partir da expressão

$$\frac{(U - u_{mf})}{(0,35\sqrt{gD})} > 0,2 \quad (8)$$

em que D representa o diâmetro interno da coluna, u_{mf} a velocidade mínima de fluidização e U a velocidade superficial, que neste caso é mínima para formar bolhas tubulares. Na prática $(U - u_{mf})$ representa o excesso de gás que atravessa o leito fluidizado. Assim, este excesso de gás que atravessa o leito fluidizado pode formar bolhas tubulares isoladas que ascendem a uma velocidade relativa prevista u_r a partir da expressão

$$u_r = C\sqrt{gD} \quad (9)$$

deduzida teoricamente por uma análise dimensional e verificada experimentalmente para $C = 0,350$ por Talaia (2000). Também Dumitrescu indica $C = 0,351$, Davies e Taylor $C = 0,328$ e White e Beardmore $C = 0,345$.

Davidson e Harrison (1963) mostraram que a velocidade absoluta u_A de bolhas tubulares pode ser avaliada quando se aplica a expressão

$$u_A = (U - u_{mf}) + 0,35\sqrt{gD} \quad (10)$$

O valor experimental da velocidade absoluta de uma bolha tubular determina-se a partir da expressão

$$u_A = \frac{L}{\Delta t} \quad (11)$$

em que L representa a distância entre duas tomas instaladas na coluna e Δt o intervalo de tempo que demora, por exemplo, o nariz da bolha de gás a percorrer a distância entre as duas tomas escolhidas.

Na base de um leito de partículas deve ser instalado um distribuidor que controle o caudal injetado de gás. Assim sendo, o distribuidor é umas das peças mais importantes a ser projetada. Nas colunas usadas, neste trabalho, os distribuidores obedeceram à expressão,

$$Q_t = C_0^2 N^2 \pi \frac{2d_0^4 \Delta p}{16\rho_g} \left(\frac{p_0}{p_{ic}} \right) \quad (12)$$

em que Q_t representa o caudal teórico, C_0 um parâmetro adimensional (normalmente 0,61), N o número de furos no distribuidor, d_0 o diâmetro do furo (devem ser todos iguais) e Δp a

diferença de pressão medida entre duas tomas colocadas uma montante e a outra a jusante do distribuidor.

A experiência mostra que existe uma ligeira diferença entre o valor do caudal teórico avaliado por aplicação da expressão (12) e o valor obtido experimentalmente. Na prática, a expressão (12) deve ser corrigida por um factor K (quando se usa um rotâmetro para calibrar o caudal injetado e que atravessa o distribuidor).

Neste trabalho são apresentadas diferentes experiências para uma pressão absoluta de 5bar, com um distribuidor de $N=85$ e $d_0 = 0.6$ mm, quando se usam dois tamanhos de partículas de ballotini ($200\mu\text{m}$ e $490\mu\text{m}$). A expressão experimental, no sistema CGS, que permite avaliar a velocidade da corrente gasosa no interior da coluna (cm/s) é dada por

$$U_{ic} = 4,26 \sqrt{\Delta p_D \frac{p_0}{p_{ic}}} \quad (13)$$

em que Δp_D (em cmca) é registado por um transdutor diferencial de pressão, $p_0 = 1$ bar e $p_{ic} = 5$ bar.

A estabilidade da frente do leito de partículas pode ser analisada usando a seguinte expressão desenvolvida

$$L_1 = L_2 \left[\frac{\Delta p_2}{(\Delta p_1 - \Delta p_2)} \right] \quad (14)$$

em que L_1 representa a altura avaliada do leito acima da toma de controlo, L_2 a distância entre o distribuidor e a toma na coluna no topo da coluna, Δp_1 a diferença de pressão do leito (sinal registado pelo transdutor no topo da coluna) e Δp_2 a diferença de pressão de parte do leito acima da toma de controlo. Haverá estabilidade do leito se os resultados mostrarem que o valor máximo calculado para $L_1 + L_2$ é sempre inferior a altura interior da coluna, ou seja as experiências são válidas dado não terem sido criadas condições para o arrasto ou transporte de partículas para o topo da coluna ou para o exterior do sistema.

Talaia e Talaia (2001) deduziram uma expressão para avaliar a velocidade da corrente gasosa, dada por

$$U = \frac{\Delta p}{\Delta t} \cdot \frac{1}{\rho_{ap} g} + u_{mf} \quad (15)$$

em que ρ_{ap} representa a massa volúmica aparente das partículas $[\rho_{ap} = \rho_p (1 - \varepsilon)]$ e $\Delta p/\Delta t$ a variação da pressão num determinado tempo.

A expressão (15) pode ser reescrita para avaliar o excesso de gás $(U - u_{mf})$ que atravessa um leito de partículas fluidizado, vindo

$$U - u_{mf} = \frac{\Delta p}{\Delta t} \cdot \frac{1}{\rho_{ap} g} \quad (16)$$

RESULTADOS E SUA DISCUSSÃO

Apresentam-se alguns resultados obtidos experimentalmente, quando se usa um leito de partículas de areia ou de ballotini. Talaia (2002b) mostrou como um leito de partículas é influenciado quando na base de uma coluna se injeta um caudal de gás. Nas experiências realizadas usou ar comprimido, cujas propriedades físicas do ar foram as seguintes: $\rho_g = 1,21 \text{ kg.m}^{-3}$ e $\mu_g = 1,79 \times 10^{-5} \text{ Pa.s}$, a atravessar um leito de partículas (topo do leito aberto à atmosfera), com $\rho_p = 2582 \text{ kg.m}^{-3}$, $d_p = 196,2 \mu\text{m}$, $\varepsilon = 0,494$ (para o leito fixo) e $\varepsilon_{mf} = 0,499$ (leito nas condições de u_{mf}). A previsão da velocidade mínima de fluidização foi feita usando a expressão (4); vindo para $u_{mf_{previsto}} = 3,3 \text{ cm.s}^{-1}$.

Talaia (2002b) mostrou que nas condições experimentais e para uma velocidade superficial de gás de $U = 12,6 \text{ cm.s}^{-1}$, o critério de Stewart (1965) que define condições de início de bolhas tubulares a partir da expressão (8) foi considerado dado ser o valor mínimo de $u > 10,9 \text{ cm.s}^{-1}$. Também o valor teórico para a velocidade absoluta das bolhas tubulares foi avaliado a partir do resultado de Davidson e Harrison (1963), expressão (10), sendo o valor registado de $u_A = 43,3 \text{ cm.s}^{-1}$. Este valor está em concordância com a velocidade absoluta das bolhas tubulares isoladas e determinada a partir da expressão (11), com $L=60\text{cm}$, resultando $u_A = (41,8 \pm 0,2) \text{ cm.s}^{-1}$. Este valor mostra um erro relativo inferior a 4%.

A Figura 1 mostra os sinais registados em dois transdutores diferenciais de pressão para condições experimentais da velocidade superficial do gás de $12,6 \text{ cm.s}^{-1}$.

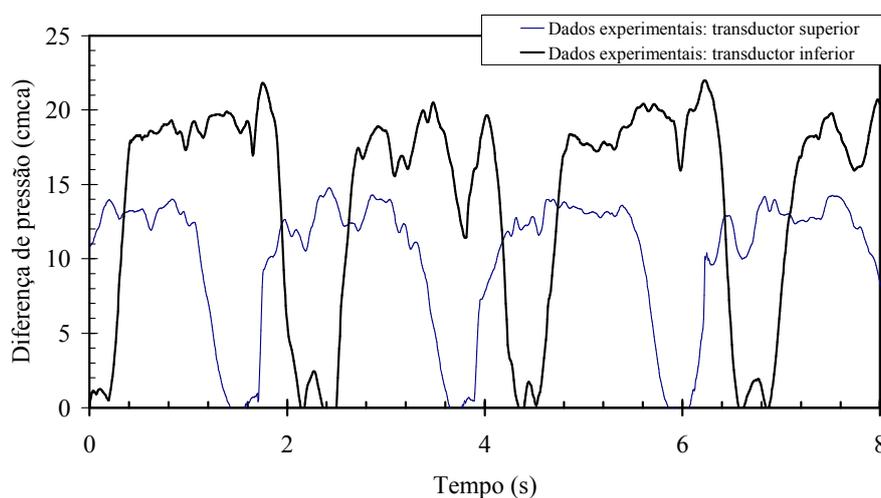


Fig. 1 - Bolhas tubulares: sinais registados para velocidade superficial de $12,6 \text{ cm.s}^{-1}$.

Talaia (2003a) estudou a estabilidade da interface gás/sólido, de um leito fluidizado de partículas de ballotini, a alta pressão, atravessado com uma corrente de argon. Os sinais registados mostram que o leito permanece inalterável até que a velocidade da corrente gasosa atinja um valor crítico que vai colocar as partículas em suspensão, situação esta que permite

determinar a velocidade mínima de fluidização. Para a realização experimental colocaram-se no interior da coluna de aço, de diâmetro interior de 77,92mm, 14755g de ballotini ocupando uma altura de cerca de 203cm de leito fixo. As propriedades físicas para o argon são: $\rho_g = 1,69 \text{ kg.m}^{-3}$ e $\mu_g = 2,1 \times 10^{-5} \text{ Pa.s}$ e para o leito de ballotini $\rho_p = 2580 \text{ kg.m}^{-3}$, $d_p = 200 \mu\text{m}$ e $\varepsilon = 0,419$ (leito fluidizado).

Na Figura 2 são mostrados os sinais registados por dois transdutores diferenciais de pressão para uma experiência a 35bar. De acordo com a expressão (13), em que U_{ic} representa a velocidade superficial no interior da coluna, $U_{ic} = (12,12 \pm 0,11) \text{ cm.s}^{-1}$ e nestas condições regista-se um excesso de gás de $9,75 \text{ cm.s}^{-1}$. A velocidade de ascensão das bolhas tubulares foi determinada a partir dos sinais resultando em $(31,74 \pm 1,64) \text{ cm.s}^{-1}$.

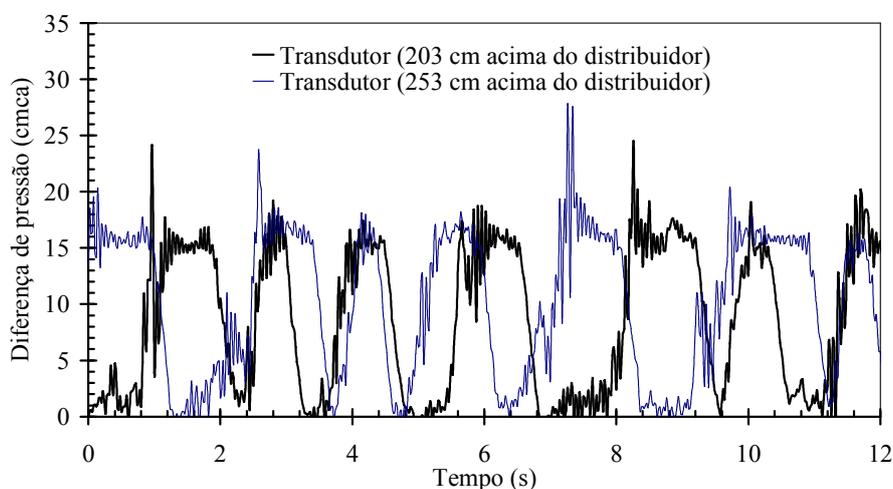
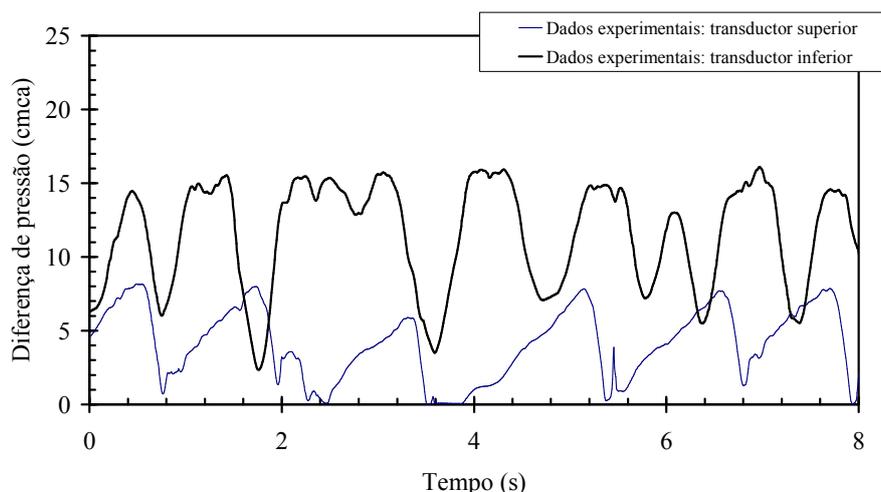


Fig. 2 - Sinal registado para um excesso de argon de $9,75 \text{ cm.s}^{-1}$, com $U_{ic}=12,12 \text{ cm.s}^{-1}$ e $P_{ic}=35 \text{ bar}$.

A estabilidade da frente do leito fluidizado foi analisada e confirmada, de acordo com a aplicação da expressão (14) em que L_1 representou a altura avaliada do leito acima da toma 103cm, L_2 a distância entre o distribuidor e a toma de controlo (103cm), Δp_1 a diferença de pressão do leito (sinal registado pelo transdutor no topo da coluna) e Δp_2 a diferença de pressão de parte do leito acima de 103cm (sinal registado pelo transdutor acima do distribuidor). Talaia (2003a) mostrou, ainda, que desde que as tomas que se ligam aos transdutores diferenciais de pressão sejam devidamente posicionadas é possível estudar o comportamento da frente do leito, registar a variação da pressão no tempo e determinar a velocidade da superfície do leito. A Figura 3 mostra os sinais registados para uma velocidade superficial de $8,92 \text{ cm.s}^{-1}$.

A análise do gráfico da Figura 3 permite determinar o declive ($\Delta p/\Delta t$), sendo o valor experimental, no sistema S.I., dado por $(633,10 \pm 0,29) \text{ Pa.s}^{-1}$. A expressão (15) foi aplicada e o valor determinado experimentalmente para a velocidade da corrente gasosa injectada na coluna foi de $(8,99 \pm 0,12) \text{ cm.s}^{-1}$, sendo um valor preciso e exato face ao registado de $8,92 \text{ cm.s}^{-1}$ no rotâmetro.

Fig. 3 - Condições de borbulhamento para $U=8,92\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$.

Talaia (2002a) mostrou que em condições mínimas para o início da fluidização é possível deduzir uma expressão para prever a velocidade mínima de fluidização a partir do aumento da velocidade superficial do gás e da fração vazia como função da pressão absoluta. O autor também estudou a expansão do leito fluidizado em altura. Este tipo de experiências a alta pressão é onerosa e com algum risco. O artigo do autor mostra que foram realizadas experiências numa coluna vertical de aço (parede interna polida) com uma altura de 3,00m e um diâmetro interior de 77,92mm. Foram usadas areias com um diâmetro médio de $205\mu\text{m}$ com uma densidade absoluta de $2580\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Na coluna foi colocada uma quantidade de 8,586kg que formou uma altura de leito com 1,32m. O leito foi fluidizado com argon cujas propriedades físicas à pressão atmosférica são: densidade absoluta de $1.69\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ e uma viscosidade dinâmica de $21\times 10^{-6}\text{Pa}\cdot\text{s}$. Uma nova expressão para prever a velocidade mínima de fluidização é apresentada e as constantes da expressão (5) tomam os valores para C_1 e C_2 de 28,7 e 0.0428, respectivamente.

Talaia e Amorim (2003) mostraram uma metodologia usada em coluna vertical de perspex para registrar a diferença de pressão para diferentes velocidade de gás injetado e observar visualmente o comportamento do leito fluidizado face ao caudal injetado na base da coluna. As partículas usadas registaram um diâmetro equivalente de $205\mu\text{m}$ (areia fina de acordo com a escala de Wentworth), fluidizados numa coluna de diâmetro interno de 100mm e aberta à atmosfera. As propriedades do ar foram $\rho_g = 1.2\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ e $\mu_g = 1.8\times 10^{-5}\text{Pa}\cdot\text{s}$ e para as partículas $\rho_p = 2582\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$, $\varepsilon = 0.494$ (leito fixo) e $\varepsilon_{mf} = 0.499$ (leito fluidizado nas condições críticas de suspensão das areias). A velocidade mínima de fluidização experimental para o leito de partículas registou um valor de $4,0\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$.

Talaia (2003b) mostrou um excelente exemplo experimental da metodologia usada que permitiu prever a velocidade mínima de fluidização, confirmando as constantes da expressão (5). Na coluna vertical de aço usada por Talaia (2002a) foi usado o mesmo leito de areia (diâmetro médio das partículas $205\mu\text{m}$) com uma corrente de argon a 20°C até uma pressão de cerca de 100bar. Os sinais obtidos foram de transdutores diferenciais de pressão com uma frequência de aquisição de 100Hz.

Na Figura 4 é mostrado um exemplo completo dos sinais registados quando o leito de partículas é atravessado por uma corrente de gás. Devido à pressão de ensaio de 26,5bar a 20°C a densidade absoluta do gás tornou-se 44,8kg.m⁻³. A observação das imagens da Figura 4 mostra como o sinal da diferença de pressão (Pa) é influenciado com o aumento da corrente gasosa, mantendo a mesma pressão no interior da coluna ou seja no leito de areia. Para valores da corrente de gás acima de 3,04cm.s⁻¹ o sinal registado deixa de ser linear e mostra oscilações devido à passagem de bolhas de gás formadas pelo excesso de gás. É no instante que a linha da diferença de pressão deixa de ser uma linha reta e horizontal que se deve considerar o valor experimental da velocidade mínima de fluidização. A observação visual das imagens da Figura 4 mostra que até ao valor de 3,04cm.s⁻¹ a diferença de pressão entre duas tomas ligadas a um transdutor aumenta de valor face ao aumento do caudal de gás injetado. Após a condição da corrente gasosa compensar o peso do leito entre as duas tomas o excesso de gás faz um registo de oscilação de linha (caso da injeção de gás de 3,26cm.s⁻¹).

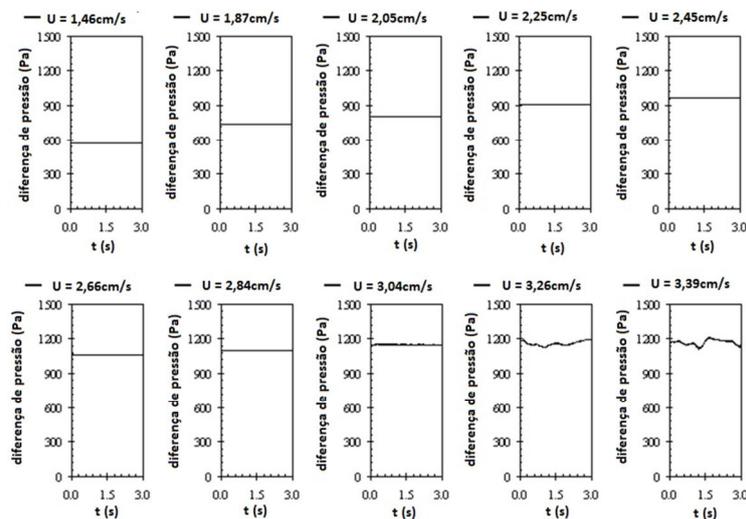


Fig. 4 - Exemplo do cálculo da velocidade mínima fluidização para um gás com 44,8kg/m³.

Nas experiências realizadas os sinais registados por transdutores acima do distribuidor da coluna permitiram calcular a densidade absoluta aparente do leito de partículas e observar a frequência de passagem de bolhas tubulares. O excesso de gás $U - u_{mf}$ foi determinado usando a expressão (16). A estabilidade das bolhas tubulares foi estudada aplicando o critério de Guedes de Carvalho (1981) dado por $(D^{1/2}\mu\rho) / [g^{1/2}d_p^2(\rho_p - \rho)] > (A/0,66)^4$.

Para $Ga > 3000$ o valor de A é 0,12 e as bolhas tubulares são estáveis se $(D^{1/2}\mu\rho) / [g^{1/2}d_p^2(\rho_p - \rho)] < 1,09 \times 10^{-3}$.

A velocidade mínima de fluidização foi prevista a partir da aplicação da expressão (5) reorganizada e dada por

$$u_{mf} = \frac{\mu_g}{\rho_o d_p} \frac{p_0}{p} \left[(C_1^2 + C_2 Ga)^{1/2} - C_1 \right] \quad (17)$$

onde C_1 e C_2 , de acordo com Talaia (2002a) tomam valores de 28,7 e 0,0428, respetivamente.

Numa visão adicional ao apresentado anteriormente, neste trabalho é apresentado um conjunto de novas experiências realizadas a uma pressão absoluta interna da coluna de 5bar. É usado, separadamente, um leito de partículas de ballotini de 200 μ m (experiências E, F, G e H) e um leito de partículas de ballotini de 490 μ m (experiências A, B, C e D). A corrente gasosa (foi usado ar comprimido) foi avaliada através do distribuidor instalado na base da coluna e confirmado por um rotâmetro que mediu a saída do ar para a atmosfera.

Na Figura 5 é ilustrada a montagem usada, em que TR_D representa o transdutor diferencial que regista a diferença de pressão no distribuidor, TR_PL o transdutor diferencial que regista a diferença de pressão numa parte do leito, TR_I o transdutor diferencial que regista a diferença de pressão na posição inferior, TR_M o transdutor diferencial que regista a diferença de pressão na posição média, TR_S o transdutor diferencial que regista a diferença de pressão na posição superior, TR_L o transdutor diferencial que regista a diferença de pressão no leito e TR_MC o transdutor diferencial que regista a diferença de pressão no medidor de caudal. Os transdutores estão ligados ao sistema gerado e montado para a aquisição de dados que é comandado pelo computador através de um programa elaborado para o efeito.

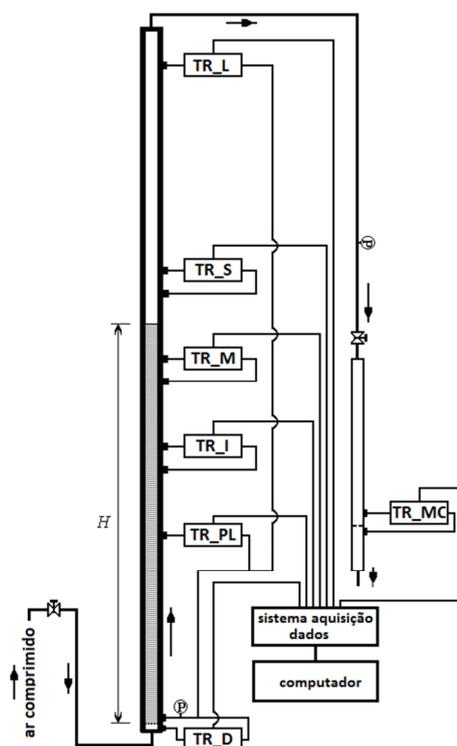


Fig. 5 - Ilustração da instalação experimental usada.

A Figura 6 mostra um conjunto de experiências para um leito de ballotini de 490 μ m. A coluna do lado esquerdo mostra para cada experiência de A a D e de cima para baixo os sinais registados por três transdutores diferenciais de pressão para uma diferença entre tomas de 10cm e por um transdutor diferencial de pressão para parte do leito, com uma toma imediatamente acima do distribuidor e outra a 103cm na altura do leito. Na Tabela 1 são indicados os valores medidos e registados quando se aumenta o caudal injetado na base da coluna. A coluna do lado direito da Figura 6 mostra os sinais correspondentes a cada

experiência e para o distribuidor (permite calcular a velocidade superficial do gás que atravessa o leito) e para o leito de partículas. A formação e passagem de bolhas tubulares estão bem reproduzidas pelos sinais registados.

Uma análise idêntica foi realizada para o leito de ballotini de 200µm, experiências de E a H.

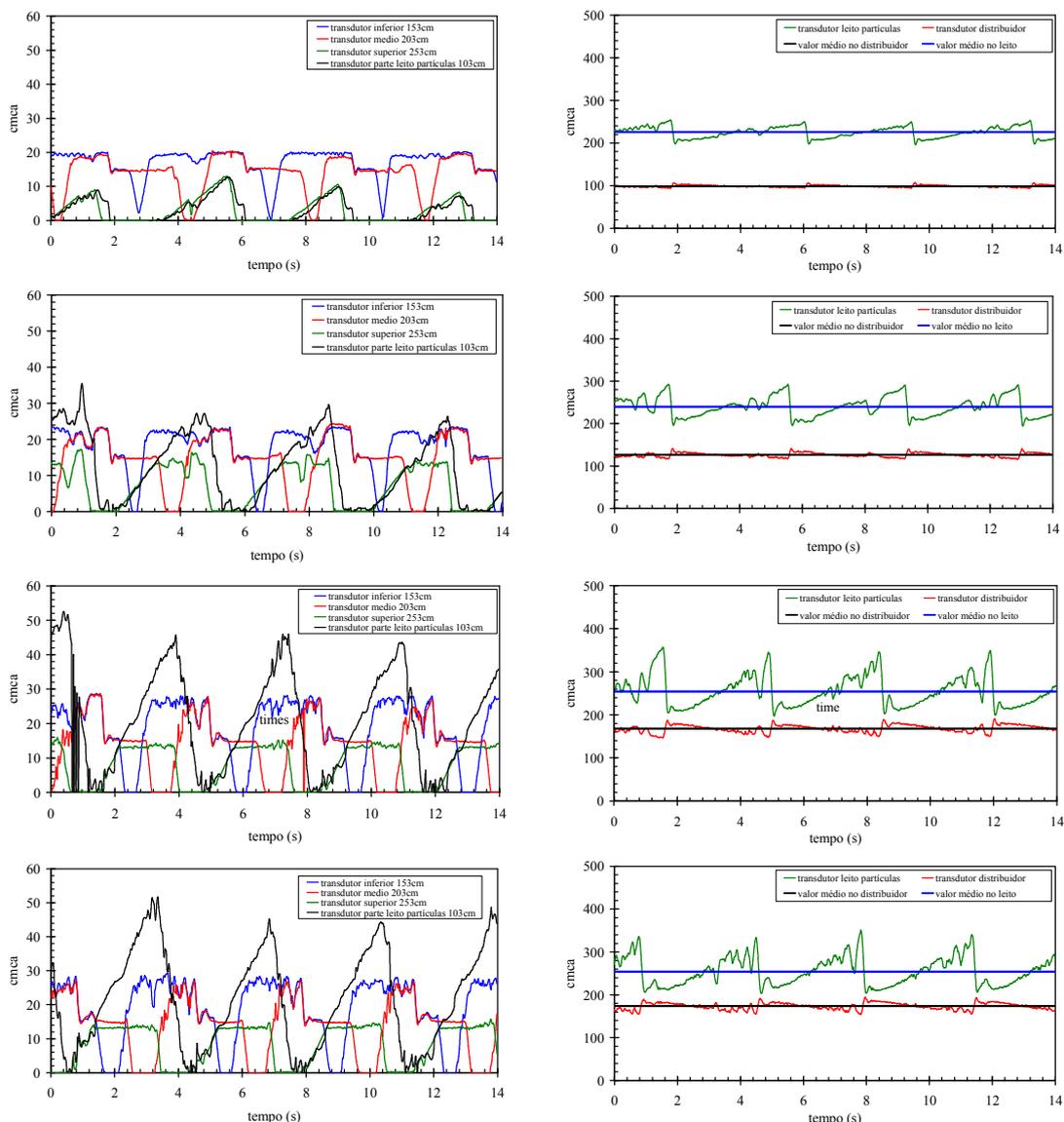


Fig. 6 - Ensaios experimentais para leito fluidizado a 5bar: Ballotini com 0,490mm diâmetro.

A Tabela 1 mostra para cada experiência e por coluna os seguintes dados: a massa de partículas colocada na coluna, o diâmetro médio das partículas, a velocidade mínima de fluidização, a existência de passagem de bolhas tubulares, a frequência do número de bolhas tubulares que passam pela toma a 153cm acima do distribuidor, a frequência do número de bolhas tubulares que passam pela toma a 203cm acima do distribuidor, a frequência do número de bolhas tubulares que passam pela toma a 253cm acima do distribuidor, a velocidade da bolha tubular, a diferença de pressão registada no distribuidor, o caudal de gás à pressão atmosférica, a velocidade superficial obtida a partir do distribuidor e o excesso de gás.

Tabela 1 - valores experimentais para dois diferentes leitos de partículas

	CGS	A	B	C	D	E	F	G	H
massa	g	9960	9960	9960	9960	10085	10085	10085	10085
diâm_partículas	cm	0.049	0.049	0.049	0.049	0.020	0.020	0.020	0.020
u_{mf}	cm/s	15.86	15.86	15.86	15.86	3.75	3.75	3.75	3.75
Bolhas tubulares	- - -	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim	sim
f_1 (153cm)	nº/s	4.0	4.0	4.0	4.5	6.0	6.0	7.0	6.0
f_2 (203cm)	nº/s	4.0	4.0	4.0	4.0	6.0	7.0	6.0	6.0
f_3 (253cm)	nº/s	4.0	4.0	4.0	4.0	6.0	6.0	6.0	6.0
U bolha tubular	cm/s	41.76	43.27	56.91	56.48	69.63	72.68	74.11	70.31
distribuidor	cmca	98.8	126.1	168.2	173.4	21.9	34.3	55.0	63.8
Q_atmosfera	cm ³ /s	4450.5	4926.1	5688.2	5783.1	732.5	1625.6	2115.4	2768.0
U via distribuidor	cm/s	18.93	21.40	24.71	25.09	8.92	11.15	14.12	15.22
U - u_{mf}	cm/s	3.07	5.54	8.85	9.23	5.17	7.40	10.37	11.47

INVESTIGAÇÃO EM CURSO

Com base num número significativo de experiências realizadas para diferentes leitos fluidizados está em curso uma investigação que permitirá conhecer a influência da pressão na instabilidade de bolhas tubulares. Espera-se que uma teoria seja desenvolvida e publicada na literatura da especialidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostram como a teoria de duas fases pode ser aplicada a um leito de partículas fluidizado de areias e de ballotini.

Os resultados obtidos mostraram que quando se mantém a velocidade da corrente gasosa no interior da coluna, dentro de certos limites experimentais, a estabilidade na interface gás sólido é influenciada quando experimentalmente se aumenta a pressão absoluta, medida no interior do leito.

Observou-se, também, que quando a pressão de ensaio aumenta, provoca um aumento da massa volúmica do gás o que equivale a um aumento da diferença de pressão registada, ou seja um conseqüente aumento da tensão de corte entre a corrente gasosa e as partículas.

Por último, é de concluir que as técnicas usadas são adequadas ao estudo dinâmico e transporte de partículas.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece parte do suporte financeiro concedido pela FCT, o que significa que o trabalho foi, também, financiado por Fundos Nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto UID/CED/00194/2013.

REFERÊNCIAS

- [1]-Penman, H.L., Natural evaporation from open water, soil and grass, Proceedings of the Royal Society of London, Series A, Vol. 193, pp. 120-145, 1948.
- [2]-Bagnold, R.A., The Physics of Blown Sand and Desert Dunes, Chapman and Hall, London, pp. 265, 1973.
- [3]-Babu, S.P., Shah, B. e Talwalkar, A., AIChE Symp. Ser., 74, pp. 176, 1978.
- [4]-Chitester *et al.*, Chem. Eng. Sc., 39, pp. 253, 1984.
- [5]-Davidson, J.F., Clift, R. e Harrison, D., Fluidization, Academic Press, pp. 723, 1985.
- [6]-Davidson, J.R. e Harrison, D., Fluidised Particles, Cambridge University Press, pp. 155, 1963.
- [7]-Davies, R.M. e Taylor, G.I., The mechanics of large bubbles rising through liquids in tubes, Proceedings of the Royal Society, London, 200 Ser. A, pp. 375-390, 1950.
- [8]-Dumitrescu, D.T., Stroemung an einer Luftblase im senkrechten Rohr, Zeitschrift Angewandter Mathematischer Mechanik, 23, pp. 139-149, 1943.
- [9]-Ergun, S., Fluid flow through packed columns, Chem. Eng. Prog., 48, pp. 89, 1952.
- [10]-Geldart, D., Gas Fluidization Tecnology, John and Sons, Ltd., 1986.
- [11]-Grace, J.R., in Handbook of Multiphase Systems, G. Hetsroni, ed., Hemisphere, Washington, D.C., 1982.
- [12]-Guedes de Carvalho, J., The Stability of Slugs in Fluidised Beds of Fine Particles: A Theory Based on Particle Pick-up From the Wake, Chemical Eng. Science, 36, pp. 1349-1356, 1981.
- [13]-Kunii, D. e Levenspiel, Fluidization Engineering, Butterworth-Heinemann series in chemical engineering, 2nd ed., 1991.
- [14]-Ogawa, A. e Beddow, J.K., Separation of Particles from Air and Gases, Vol 1, CRC Press, Inc., pp. 152, 1984.
- [15]-Richardson, J.F., in Fluidization, (Davidson, J.F. and Harrison, H., eds), pp. 25, Academic Press, New York, 1971.
- [16]-Saxena, S.C. e Vogel, G.J., Trans. Inst. Chem. Eng., 55, pp. 184, 1977; Chem. Eng. Journal, 14, pp. 59, 1977.
- [17]-Schiller, L. e Naumann, A., Z. Ver. Deut. Ing., 77, pp. 318, 1933.
- [18]-Stewart, P.S.B., Fluidisation: Some Hydrodynamics Studies, PhD Dissertation, Cambridge University, 1965.
- [19]-Talaia, M., Uma Análise Dimensional: Ascensão de uma Bolha num Líquido Parado, Gazeta de Física, Vol. 23, Fasc. 2, pp. 9-12, 2000.

[20]-Talaia, M., Incipient Fluidization: the Influence of the Pressure on the Minimum Fluidizing Velocity and Voidage Fraction, Paper Presented on the 2nd Annual European Multiphase Systems Institute meeting and 40th European Two-Phase Flow Group meeting, Stockholm, Sweden, Paper D-5, 3 pages, 2002a.

[21]-Talaia, M., Um Leito Fluidizado: Influência da Corrente Gasosa no Movimento de Partículas, Proceedings do 2º Simpósio de Meteorologia e Geofísica da APMG e 3º Encontro Luso-espanhol de Meteorologia, Évora, pp. 183-188, 2002b.

[22]-Talaia, M., Stability of an Interface Gas Solid of a Fluidised Bed at High Pressure, Proceedings of the 3ª Assembleia Luso - Espanhola de Geodesia e Geofísica, Vol. 3, Valencia, Espanha, pp. 1860-1863, 2003a.

[23]-Talaia, M., Experiments on an Incipient Fluidization: The Pressure Drop in Bed “versus” Gas Density, Proceedings of the 2nd International Conference on Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics (HEFAT 2003), CDROM, Editor J.P. Meyer, Victoria Falls - Livingstone, Zambia, Paper TM2, 5 pages, 2003b.

[24]-Talaia, M. e Amorim, A., The Measure of the Pressure Drop for Different Gas Velocities in Fluidized Bed, Proceedings of the 9th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics, Editors Stanislav Mares and Lubomil Pospisil, Prague, Czech Republic, Paper-064, 4 pages, 2003.

[25]-Talaia, M. e Talaia, P., Velocidade Superficial de um Leito de Partículas Baseada em Sinais Registados por Transdutor Diferencial de Pressão, XXVIII Reunión Bienal de la Real Sociedad Espanola de Física e 11º Encuentro Ibérico para la Ensenanza de la Física, Sevilla, Espanha, de 24 a 27 de Setembro, EIB-74, pp. 402-403, 2001.

[26]-Wen, C.Y. e Yu, Y.H, AIChEJ, 12, pp. 610, 1966.

[27]-White, E.T. e Beardmore, R.H., The velocity of rise of single cylindrical air bubbles through liquids contained in vertical tubes, Chemical Engineering Science 17, pp. 351-361, 1962.

ARTIGO REF: 6577

DESENHO *IN SILICO* DE INIBIDORES MULTI-ALVO PARA PROTEÍNAS ASSOCIADAS À TUBERCULOSE

M. Natália D.S. Cordeiro^(*)

Univ. do Porto, Dep. de Química e Bioquímica (LAQV@REQUIMTE), Porto, Portugal

^(*)Email: ncordeir@fc.up.pt

RESUMO

As infeções hospitalares, também conhecidas por infeções nosocomiais, são infeções contraídas durante uma estadia num estabelecimento de saúde (hospitais, clínicas, etc.), mais concretamente, infeções que não existiam no paciente durante sua admissão, nem durante as primeiras 48 horas no estabelecimento [Vicent, 2003]. O tratamento deste tipo de infeções tem sido um desafio constante e cada vez mais difícil, devido ao aparecimento progressivo nas últimas décadas de microorganismos multi-resistentes.

A maioria das bactérias que causam infeções hospitalares são resistentes a pelo menos um dos medicamentos mais utilizados no seu tratamento, devido a diversos mecanismos de resistência [www.cdc.gov/drugresistance/healthcare]. Pensa-se além disso que as infeções resultantes de bactérias resistentes a antibióticos conduzam a maiores taxas de morbidade e mortalidade do que outras infeções semelhantes, constituindo pois um grave problema de saúde no mundo [Butler & Cooper, 2011]. Por outro lado, a emergência de várias doenças infecciosas (por ex.: Hantavírus, Ébola, SIDA), leva a que actualmente a saúde pública esteja bastante ameaçada pelas bactérias que desenvolveram resistência aos antibióticos, atendendo especificamente à sua multi-resistência, como é o caso das bactérias *Mycobacterium tuberculosis*, *Enterococcus* spp., *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae* e *Clostridium difficile*. A Tabela 1 ilustra alguns exemplos típicos para o caso específico da Tuberculose (TB) em Moçambique, retirados da Organização Mundial da Saúde WHO.

Deste modo, os esforços de prevenção, profilaxia e tratamento estão a ser intensificados, sendo cada vez mais relevante a pesquisa de novas alternativas ao seu tratamento, isto é, tentando desenvolver novos medicamentos e/ou novos alvos [Butler & Cooper, 2011]. Note-se que as consequências do aumento do número de microorganismos multi-resistentes a antibióticos são de facto graves pois geram: faltas de respostas aos tratamentos, resultando em doença prolongada e maior risco de morte e, por outro lado, as falhas de tratamento levam também a períodos mais longos de infecciosidade, o que aumenta o número de pessoas infectadas que se deslocam na comunidade, expondo assim a população em geral ao risco de contrair uma cepa resistente à infeção [<http://www.who.int/features/qa/79/en/>].

Neste trabalho apresenta-se um estudo computacional, no qual se estabelece um modelo multi-alvo mt-QSAR (multi-target *Quantitative Structure-Activity Relationships*), tendo em vista o *desenho in silico* além do *screening virtual* de novos agentes anti-TB capazes de inibirem eficazmente várias proteínas típicas importantes na sua patogénese [Speck-Planche & Cordeiro, 2012]. Tal modelo mt-QSAR foi desenvolvido usando uma base de compostos grande e muito heterogénea. Mostrou ainda ser capaz de classificar correctamente a actividade anti-bacteriana de mais de 90% dos compostos. Vários fragmentos dos mesmos compostos foram também identificados como sendo responsáveis pela actividade anti-TB e novas

entidades químicas foram desenhadas a partir dos mesmos, sendo sugeridas como possíveis candidatos para novos fármacos eficazes contra a Tuberculose (*vide* Figura 1).

Tabela 1 - Perfil de casos de Tuberculose em Moçambique de acordo com a OMS WHO.

Estimativas TB (2015)	Intervalos de confiança 95% (milhares)	Taxa (por 100 000 pessoas)
Mortalidade (excluindo VIH+TB)	12–32	43–115
Mortalidade (só VIH+HIV)	21–50	73–178
Incidência (incluindo VIH+TB)	100–220	356–787
Incidência (só VIH+TB)	50–115	179–412
Incidência (MR/RR-TB)*	4,1–10	15–36

* MR: multiresistente (antibióticos rifampicina e isoniazida); RR: resistente a rifampicina.

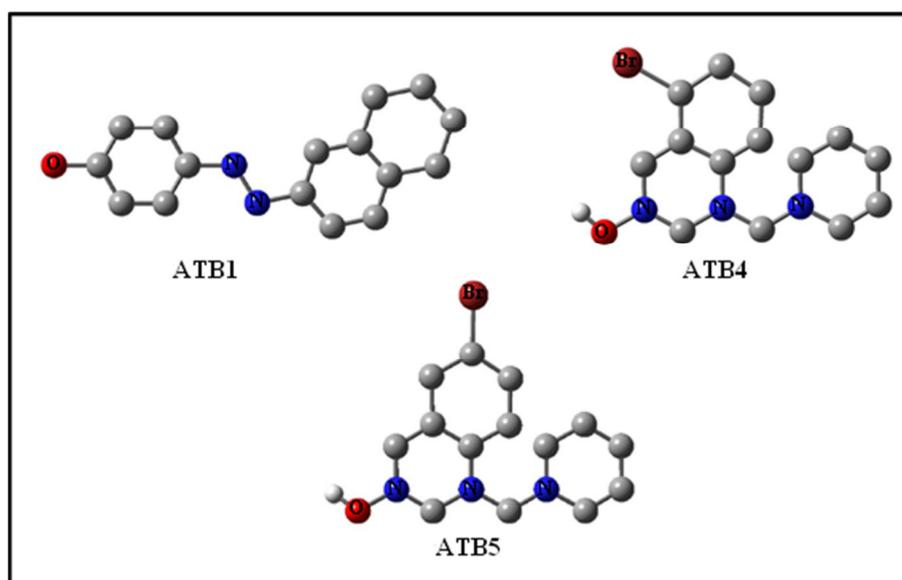


Fig. 1 - Exemplos de alguns dos compostos desenhados e previstos como possíveis agentes anti-TB.

REFERÊNCIAS

- [1]-Vicent, J. Nosocomial infections in adult intensive-care unit, *Lancet*, 381 (2003) 2068-2077.
- [2]-www.cdc.gov/drugresistance/healthcare - Centers for Disease Control and Prevention. Campaign to Prevent Antimicrobial Resistance in Healthcare Settings; Acedido 11/12/2016.
- [3]-Butler, M.S. & Cooper, M.A., Antibiotics in the clinical pipeline in 2011, *J. Antibiot.*, 64 (2011), 413-425.
- [4]-<http://www.who.int/features/qa/79/en/>; Acedido 11/12/2016.
- [5]-Speck-Planche, A. & Kleandrova, V.V. & Luan, F. & Cordeiro M.N.D.S., In silico discovery and virtual screening of multi-target inhibitors for proteins in *Mycobacterium tuberculosis*, *Comb. Chem. High Throughput Screen.*, 15 (2012) 666-673.

ARTIGO REF: 6657

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DE PAVILHÕES DE PRODUÇÃO DE FRANGOS EM MOÇAMBIQUE

M.G.M. Gussule, F.J. Baptista^(*), V. Fitas da Cruz

Universidade de Évora, Escola de Ciências e Tecnologia, Departamento de Engenharia Rural e Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas (ICAAM), Núcleo da Mitra, Ap. 94, 7002-554 Évora, Portugal

^(*)*Email:* fb@uevora.pt

RESUMO

Em Moçambique em 2011, a produção total de carne de frango representou 73% da carne consumida no país, constituindo uma fonte proteica saudável e a um custo mais baixo (DNSV, 2012). A carne de vaca e de frango constituem mais de 80% da carne fornecida para o abastecimento formal, especialmente das áreas urbanas. Apesar da criação de gado bovino estar a aumentar, as indústrias da carne e de laticínios continuam a ser insignificantes (FAO, 2015).

Entretanto, nos últimos anos, a indústria avícola procura nas instalações e no controlo ambiental a possibilidade de melhoria no desempenho da produção de frangos, especialmente importante em ambientes com temperaturas elevadas (OLIVEIRA et al., 2006).

O clima quente e a amplitude térmica pequena, faz com que muitos produtores de frangos optem por instalações abertas nas laterais para facilitar a ventilação. As condições ambientais requeridas pelos animais podem ser conseguidas em instalações com boa conceção arquitetónica, planeada e construída para diminuir a ação direta dos fatores climáticos (CARDOSO et al., 2011). Os fatores construtivos mais importantes de uma edificação em produção intensiva são a orientação das edificações e o material utilizado na cobertura (NÃAS, 2005). No entanto, os fatores ambientais dentro dos pavilhões de produção de frangos são fracamente manipulados e controlados, sendo o microambiente para a produção e bem-estar do frango, muitas vezes não compatível com as necessidades provocando efeito negativo sobre o desempenho produtivo dos frangos. Para pintos de um dia, FURLAN & MACARI (2008) relatam a zona de conforto térmico dentro de uma temperatura ambiente entre 33 e 35°C com humidade relativa entre 65 a 70%. Com o desenvolvimento das aves e do sistema termorregulador, que atinge a sua plenitude entre os 10 e 15 dias de vida, a temperatura de conforto térmico cerca de 24°C para frangos com quatro semanas de idade e de 21 - 22°C com seis semanas de idade. Segundo TINÔCO (1998), um ambiente é considerado confortável para aves adultas quando apresenta temperaturas de 16 a 23°C e humidade relativa do ar de 50 a 70%. Altas temperaturas prejudicam o desempenho e o rendimento produtivo, sendo esses efeitos mais acentuados com o aumento da humidade relativa do ar (OLIVEIRA et al., 2006).

Para avaliar o comportamento térmico de pavilhões tipicamente utilizados para a produção de frangos em várias regiões de Moçambique, foram identificadas e caracterizadas as instalações para a produção de frangos nos maiores produtores, nomeadamente, a União Geral das Cooperativas Agrícolas e Pecuárias (UGC), as Quintas de Moçambique, a Associação Nacional de Avicultura de Moçambique (AMA) no sul do país, Frangos de Manica (Abílio Antunes), na província de Manica, província do centro de Moçambique na Novo Horizonte e

Pintainhos Stewart na província de Nampula, província de Norte de Moçambique (FAO, 2013). Foi recolhida informação sobre a caracterização climática de cada região, recorrendo ao programa Agroclimate Moçambique, auxiliado com o WebGIS Moçambique, bem como necessidades ambientais dos animais em cada fase do ciclo produtivo recorrendo a artigos publicados em revistas científicas. Recorrendo a modelos de balanço térmico são estimadas as condições de temperatura no interior dos pavilhões, tendo em consideração as características construtivas, climáticas e equipamentos disponíveis. Excepcionalmente na UGC e AMA, em 2 pavilhões de produção foram recolhidos dados referentes a temperatura e humidade relativa, em condições de exploração real, recorrendo a Data Loggers HOBO (U14-002). As temperaturas estimadas e medidas são comparadas com as temperaturas de referência para a fase do ciclo produtivo de modo a avaliar se a temperatura no interior dos pavilhões de frango é a adequada para o conforto e bem-estar animal e aferindo da adequabilidade do tipo de pavilhão e tecnologias de controlo ambiental.

REFERÊNCIAS

- [1]-Cardoso, A.S.; Baeta, F.C.; Tinôcp, I.F.F.; CARDOSO, V.A.S., Coberturas com materiais alternativos de instalações de produção animal com vistas ao conforto térmico, Engenharia na Agricultura, Viçosa, v. 19, n. 5, (2011) p. 404-442.
- [2]-DNSV (National Directorate of Veterinary Services), Annual reports on Livestock. Ministry of Agriculture, Mozambique, (2012).
- [3]-FAO, Poultry Sector Mozambique. FAO Animal Production and Health Livestock Country Reviews. No. 5, Rome, (2013).
- [4]-FAO, Programa da FAO em Moçambique, 2015.
- [5]-Furlan, R.L.; Macari, M. Termorregulação. In: Macari, M.; Furlan R.L.; Gonzales, E. Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte, 2ed, Jaboticabal: Funesp, (2008), p.209-230.
- [6]-Nããs, I., Aspectos físicos da construção no controle térmico do ambiente das instalações, In: conferência apinco de ciência e tecnologia avícola, Santos Anais, Campinas: Facta, (1994), 1994. 203p.
- [7]-Oliveira, R.F.M.; Donzele, J.L.; Abreu, M.L.T.; Ferreira, R.A.; Vaz, R.G.M.V.; Cella, P.S., Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade, Revista Brasileira. v. 35, n. 3, (2006), p. 797-803.
- [8]-Tinôco, I.F.F. Ambiência e instalações para a avicultura industrial. In: Encontro nacional de técnicos, pesquisadores e educadores de construções rurais, 3., Poços de Caldas. Anais, Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, (1998), p.1-86.

ARTIGO REF: 6795

SENSAÇÃO TÉRMICA CONDICIONADA POR PARÂMETROS TERMOHIGROMÉTRICOS E ISOLAMENTO TÉRMICO DO VESTUÁRIO

Mário Talaia^(*)

Universidade de Aveiro, Departamento de Física (CIDTFF), Aveiro, Portugal

^(*)*Email:* mart@ua.pt

RESUMO

Neste trabalho é investigada a sensação térmica real indicada por um ser humano, a sensação térmica prevista para um local através da aplicação do índice EsConTer, o isolamento térmico do vestuário usado e o isolamento térmico do vestuário previsto.

Uma coleção de dados foi registada e examinada para ambiente térmico e para um metabolismo de atividade sedentária (escritório, moradia, escola, laboratório) com $70\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ou $1,2\text{met}$.

Os resultados obtidos mostram que quando o ser humano está inserido num ambiente de sensação térmica quente e usa um isolamento térmico de vestuário acima do previsto regista uma sensação de muito quente e quando está inserido num ambiente de sensação térmica frio e usa um isolamento térmico de vestuário abaixo do previsto sente uma sensação térmica de muito frio.

É apresentado um modelo de previsão de isolamento térmico de vestuário para uma atividade sedentária e os resultados obtidos são interpretados com base na previsão da sensação térmica para o ambiente térmico.

1. INTRODUÇÃO

O ambiente térmico desempenha um papel importante no melhoramento das condições de trabalho. De acordo com a American Society of Heating Refrigeration and Air Conditions (ASHRAE), o conforto térmico pode ser definido como *o estado de espírito em que o indivíduo expressa satisfação em relação ao ambiente térmico*. Este estado é obtido quando um indivíduo está numa condição de equilíbrio com o ambiente que o rodeia, o que significa que é possível a manutenção da temperatura dos tecidos constituintes do corpo, num domínio de variação estrito, sem que haja um esforço sensível. Esta é a situação ideal, que corresponde a um ambiente neutro ou confortável. Fora deste ambiente pode haver alterações fisiológicas no ser humano (ASHRAE, 2001).

Um ambiente térmico pode ser designado como o conjunto de variáveis térmicas que influenciam as trocas de calor entre o ser humano e o ambiente que o rodeia. A International Organization for Standardization (ISO) considera o conforto térmico como *a satisfação expressa quando um indivíduo é sujeito a um determinado ambiente térmico* (ISO 7730, 2005).

Por outro lado, segundo a ASHRAE 55 (ASHRAE, 2004) o ambiente térmico é designado com as características do ambiente que afetam a perda de calor de uma pessoa. Uma interação

complexa da temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade do ar e umidade relativa do ar condiciona a *performance* de um ambiente térmico humano (Liu, Yao, Wang & Li, 2012). Estes autores mostraram como a temperatura do ar influencia o isolamento térmico do vestuário usado, em unidades de clo, na dinâmica das estações ao longo do ano.

É sabido que os ambientes térmicos estão divididos em dois tipos, ambiente térmico quente, quando o organismo humano tem necessidade de acionar meios de luta contra o calor (stress térmico provocado pelo calor) e ambiente térmico frio, quando o organismo de uma pessoa tem necessidade de desencadear mecanismos de luta contra o frio (stress térmico provocado pelo frio) (ver por exemplo, Lamberts, 2011).

O vestuário é uma camada de isolamento térmico entre o corpo e o ambiente. O isolamento do vestuário, expresso em unidades de clo, foi introduzida para facilitar a visualização do nível do vestuário, sendo que 1clo representa $0,155\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{W}^{-1}$ (Fanger, 1972; ISO 7730, 2005). O isolamento total do vestuário deve ser obtido a partir da soma das contribuições dos artigos ou peças individuais do vestuário utilizado.

A literatura da especialidade mostra que para um ambiente térmico as sensações térmicas são subjetivas, isto é, dependem de cada indivíduo. Pode-se afirmar que a sensação térmica de cada indivíduo depende do vestuário usado, da idade, do sexo, da massa corporal, do estado psíquico, do estado de saúde, da adaptação, da sazonalidade, do ritmo cardíaco e da atividade desenvolvida. O tipo de vestuário usado condiciona a sensação térmica real de um indivíduo (Talaia & Rodrigues, 2008).

Para cada tipo de atividade que condiciona o metabolismo deveria ser estabelecido o tipo de vestuário a ser usado. Se o vestuário não for o mais apropriado, a sensação de desconforto será evidenciada. A problemática da caracterização de um ambiente térmico tem sido estudada por inúmeros autores [ver por exemplo, Talaia & Rodrigues (2008); Talaia & Simões (2009); Talaia (2013); Talaia, Meles & Teixeira (2013); Talaia & Silva (2010); Talaia & Silva (2011); Talaia & Silva (2014); Morgado, Talaia & Teixeira (2015), Talaia & Vigário (2016), Talaia (2016), ...].

Krüger *et al.* (2001) mostraram que com o desenvolvimento de pesquisas em torno da Ergonomia surgiu a necessidade de avaliar o efeito do “clima” no posto de trabalho e no operador humano.

Segundo Fanger (1972), o conforto térmico envolve variáveis físicas ou ambientais e, também, variáveis subjetivas ou pessoais. As variáveis físicas que influenciam o conforto térmico são a temperatura do ar, a temperatura média radiante, a umidade relativa do ar e a velocidade relativa do ar. As variáveis pessoais envolvidas e consideradas são a atividade desempenhada pelo indivíduo (indicativa da quantidade de calor produzida pelo organismo, e apresentada sob a forma de taxa metabólica) e o vestuário usado pelo indivíduo (indicativa da resistência térmica oferecida às trocas de calor entre o corpo e o ambiente, e apresentada sob a forma de isolamento térmico das roupas).

Frota e Schiffer (1995) descrevem que os primeiros trabalhos desenvolvidos em 1916, pela Comissão Americana de Ventilação, confirmaram que para trabalhos físicos e quando a temperatura aumenta de 20°C para 24°C o rendimento de trabalho diminui cerca de 15% e para uma temperatura ambiente de 30°C e uma umidade relativa do ar de cerca de 80% o rendimento diminui cerca de 28%.

Este trabalho tem como objetivo mostrar que um ambiente térmico condiciona a sensação térmica de um indivíduo e que esta problemática está ligada ao isolamento térmico do vestuário usado. É investigada a sensação térmica real indicada por um ser humano, a

sensação térmica prevista para um local através da aplicação do índice EsConTer, o isolamento térmico do vestuário usado e o isolamento térmico do vestuário previsto. Um modelo de previsão de isolamento térmico de vestuário para uma atividade sedentária é usado.

MÉTODOS

Neste trabalho através do registo de dados termohigrométricos, de uma escala de sensação térmica de cores, de um índice térmico para prever a sensação térmica e de um modelo desenvolvido com os dados deste trabalho avaliou-se como o tipo de ambiente térmico influencia a sensação térmica real que é condicionada pelo tipo de vestuário usado e definido pelo isolamento térmico a partir dos materiais ou fibras usadas na confeção.

Os dados para uma atividade sedentária foram registados a céu aberto com ausência de vento e a céu fechado (escritório, moradia, escola, laboratório). Foi usado um equipamento de medida de dados termohigrométricos, usando o instrumento Center 317 - temperature humidity meter.

Para a sensação térmica real foi usada uma escala térmica de cores, desenvolvida por Talaia & Rodrigues (2008), como se mostra na Figura 1 onde se marcava com uma (X) a sensação que era sentida no momento da observação.

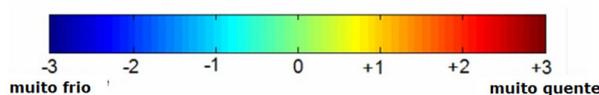


Fig. 1 - Escala térmica de cores (Talaia e Rodrigues, 2008)

Para avaliar a sensação térmica prevista do ambiente térmico foi usado o índice térmico EsConTer (Talaia e Simões, 2009; Morgado, Talaia e Teixeira, 2015), cujo valor é calculado através da aplicação da expressão

$$\text{EsConTer} = -3,75 + 0,103(T + T_w) \quad (1)$$

em que T representa a temperatura do ar (°C) e T_w a temperatura do termómetro húmido (°C).

O índice EsConTer determina um valor da escala sétima de sensação térmica, é de fácil cálculo matemático e de fácil interpretação. O valor de EsConTer situa-se na gama de -3 (ambiente térmico muito frio) a +3 (ambiente térmico muito quente).

Um modelo desenvolvido a partir da coleção de dados foi usado para prever o isolamento térmico do vestuário (unidades de clo) e para uma atividade sedentária (escritório, moradia, escola, laboratório) com um metabolismo de 70W.m^{-2} ou 1,2met, expresso por,

$$\text{Isol. TérmicoVestuárioPREVISTO} = -0,799\text{EsConTer} - 0,341 + 0,082T_w \quad (2)$$

RESULTADOS E SUA DISCUSSÃO

Os dados registados na escala térmica de cores e os dados termohigrométricos foram considerados para diferentes ambientes térmicos, nomeadamente quentes, neutros e frios.

Para cada situação foi prevista a sensação térmica usando o índice EsConTer através da aplicação da expressão (1) e foi determinado o isolamento térmico do vestuário previsto por

aplicação da expressão (2). Também foi registada informação acerca do tipo de vestuário e se era desejável ter mais ou menos roupa para se registar uma sensação térmica confortável.

A Figura 2 mostra como a sensação térmica (prevista ou registada - real) é influenciada pela temperatura do ar. Os círculos de cor vermelha representam a sensação térmica prevista pelo índice EsConTer e os círculos de cor azul a sensação térmica real do indivíduo. As linhas de tendência mostram haver concordância com valores significativos (estatisticamente falando a variância regista valores acima de 0,91).

A observação da Figura 2 mostra, inequivocamente, que o índice EsConTer é um excelente preditor da sensação térmica de um ambiente térmico quando se conhecem parâmetros termohigrométricos.

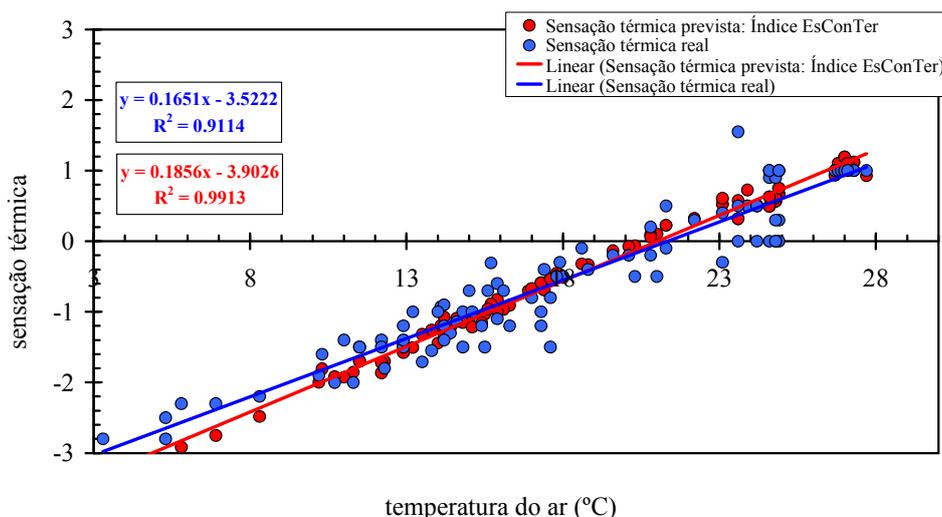


Fig. 2 - Sensação térmica real e prevista (EsConTer) função da temperatura do ar.

Na Figura 3 os círculos de cor verde representam os dados experimentais deste trabalho e a linha a cheio e a negro a tendência teórica entre os dois isolamentos térmicos do vestuário (usado e previsto). A observação atenta da localização dos dados experimentais deste trabalho mostra que na maioria dos casos o vestuário foi insuficiente suscitando uma sensação térmica de desconforto ao frio.

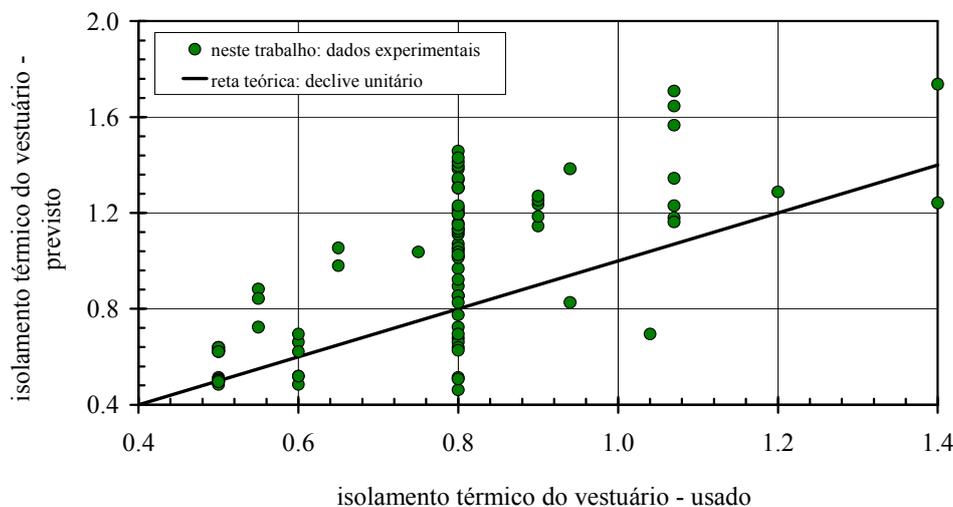


Fig. 3 - Isolamento térmico previsto “versus” isolamento térmico usado.

Na Figura 4 são mostradas duas imagens que permitem interpretar fisicamente como a sensação térmica, usada ou prevista, influencia o isolamento térmico do vestuário. Dado o índice EsConTer ser um bom preditor, as imagens são semelhantes e concordantes. Esta conclusão é evidenciada na Figura 5 onde os círculos de cor azul são os dados experimentais, a reta teórica de cor negra declive unitário quando os valores são coincidentes e a reta de ajuste de cor vermelha com um declive 0,8847 com um coeficiente de correlação de Pearson de 0,9540.

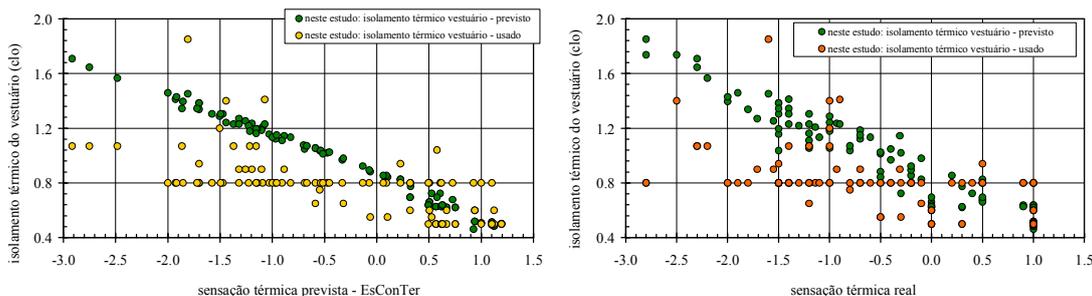


Fig. 4 - Sensação térmica prevista e real é condicionada pelo isolamento térmico do vestuário.

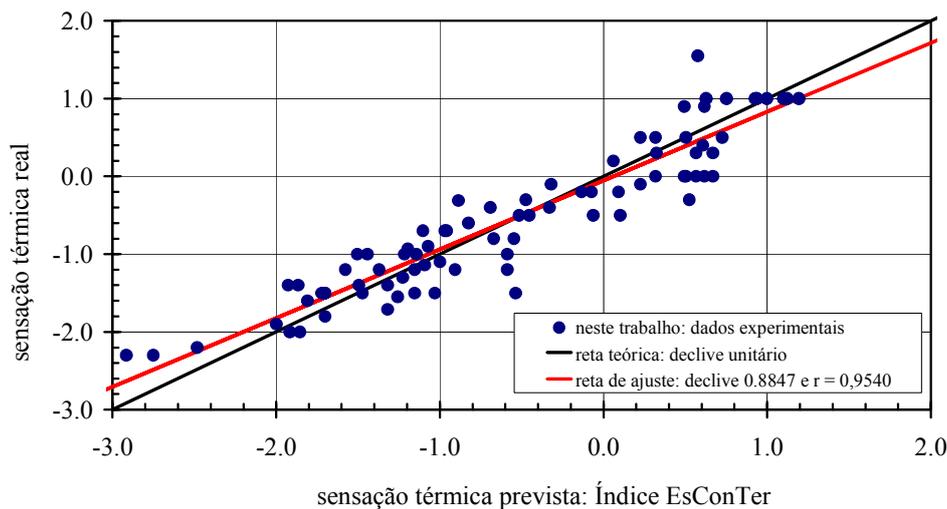


Fig. 5 - Sensação térmica real “versus” sensação térmica prevista.

A Figura 6 mostra uma linha reta de cor negra que indicia a previsão do isolamento térmico do vestuário para um ambiente térmico confortável. De acordo com Liu *et al.* (2012), os triângulos, na figura, de cor azul céu representam dados registados durante a primavera, de cor vermelha representam dados registados durante o verão, de cor amarelo-torrado representam dados registados durante o outono e de cor azul representam dados registados no inverno. Ainda na figura, os círculos indicam resultados neste trabalho em que os de cor verde representam o isolamento térmico do vestuário desejado e os de cor cinza representam o isolamento térmico do vestuário usado.

A observação da Figura 6 mostra, inequivocamente, que o modelo sugerido neste trabalho para prever o isolamento térmico do vestuário sugere valores, para temperaturas mais baixas e inferiores a cerca de 15°C, superiores ao valores registados por Liu *et al.* (2012). Esta discrepância pode-se justificar pela diferença das variáveis que o autor deste trabalho considera (sensação térmica e temperatura do termómetro húmido) face à temperatura do ar que Liu *et al.* (2012) assumem. De facto, neste trabalho para a caracterização de um ambiente

térmico são incluídas a temperatura do ar e a humidade relativa do ar, sendo esta condicionada pela temperatura do ar, temperatura de ponto de orvalho (Talaia & Vigário, 2015) e temperatura do termómetro húmido.

No geral pode-se concluir, pela observação da Figura 6, que o vestuário usado era insuficiente face ao ambiente térmico, o que suscita um vestuário desejado com maior clo e uma sensação térmica real de desconforto, no momento do registo de dados.

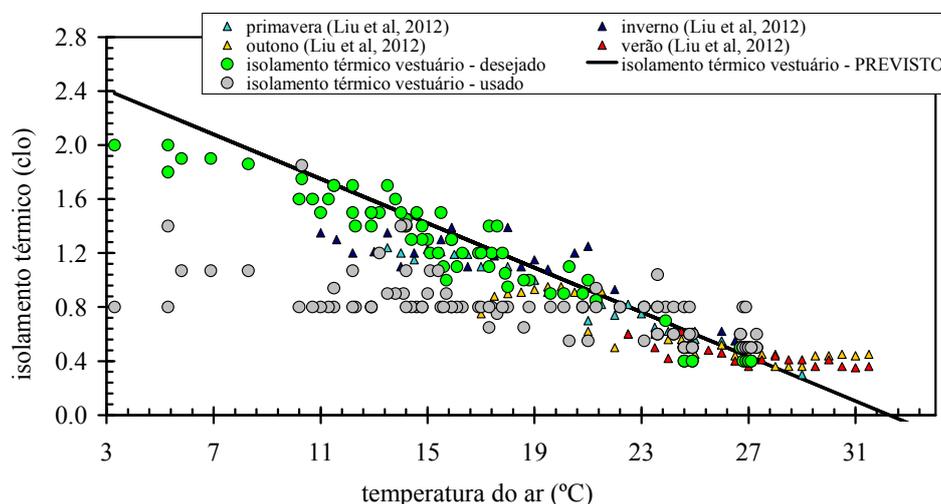


Fig. 6 - Isolamento térmico do vestuário “versus” temperatura do ar.

A Figura 7 mostra como é influenciada a sensação térmica e o isolamento térmico do vestuário face a temperatura do ar. Na figura a linha a cheio de cor azul representa a previsão do isolamento térmico do vestuário, os círculos de cor azul claro o isolamento térmico do vestuário requerido, os triângulos a negro o isolamento térmico do vestuário usado, os losangos de cor vermelha a sensação térmica prevista pelo índice EsConTer e os losangos de cor verde a sensação térmica real.

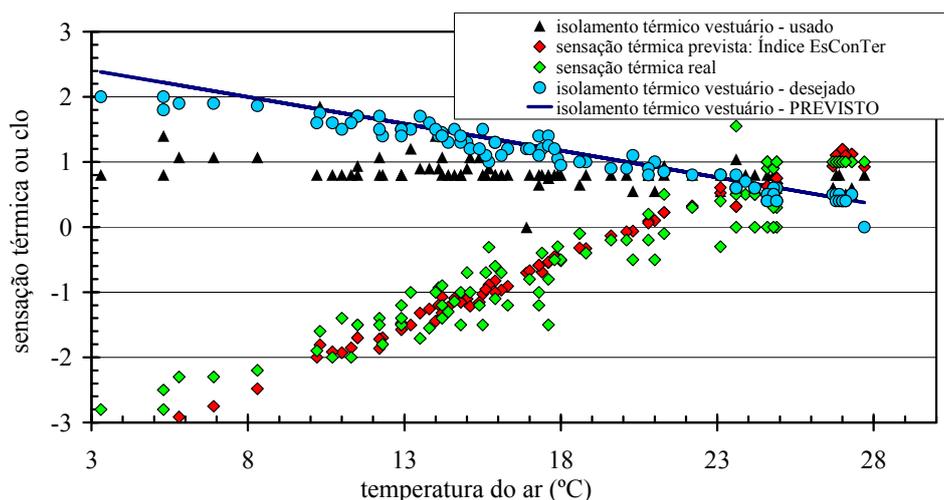


Fig. 7 - Sensação térmica ou isolamento térmico “versus” temperatura do ar.

A observação da Figura 7 mostra, inequivocamente, como seria esperado, que há uma relação inversa entre a sensação térmica e o isolamento térmico do vestuário. Também, a observação da figura, sugere que a interseção entre as duas tendências (sensação térmica e isolamento térmico do vestuário) é a otimização do bem-estar em termos de conforto térmico para uma

atividade sedentária (escritório, moradia, escola, laboratório) e para um metabolismo de 70W.m^{-2} ou $1,2\text{met}$. Face a observação da figura, serão necessários dados para ambientes térmicos com temperatura do ar acima dos 28°C , para filtrar e redefinir o modelo de previsão deste trabalho do isolamento térmico do vestuário e a ser usado função do tipo de ambiente térmico.

CONCLUSÕES

Foi possível mostrar que a sensação térmica registada num ambiente térmico depende dos parâmetros termohigrométricos que definem o índice térmico de previsão (EsConTer) e do tipo de vestuário usado através do seu isolamento térmico, em unidades de clo.

A coleção de dados registada e para um metabolismo de atividade sedentária (escritório, moradia, escola, laboratório) com 70W.m^{-2} ou $1,2\text{met}$, mostrou que o índice agora analisado para prever o isolamento térmico do vestuário a usar depende do tipo de ambiente térmico e que situações com temperaturas superiores a 28°C são oportunas para novos estudos e para correção, eventual, do índice.

Os resultados obtidos mostraram que quando o ser humano está inserido num ambiente de sensação térmica quente e usa um isolamento térmico de vestuário acima do previsto regista uma sensação de muito quente e quando está inserido num ambiente de sensação térmica frio e usa um isolamento térmico de vestuário abaixo do previsto sente uma sensação térmica de muito frio.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece o suporte financeiro concedido pela FCT, trabalho financiado por Fundos Nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto UID/CED/00194/2013.

REFERÊNCIAS

- [1]-ASHRAE, Handbook of Fundamentals - Physiological Principles for Comfort and Health. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Chapter 8, Atlanta, (2001) 1-32.
- [2]-ASHRAE 55, Thermal environmental conditions for human occupancy. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Atlanta: Ashrae, (2004).
- [3]-Fanger, P., Thermal Comfort. 2ª Edição, McGraw-Hill, New-York, (1972).
- [4]-Frota, A.B. & Schiffer, S.R., Manual de Conforto Térmico. São Paulo. Nobel, (1995).
- [5]-ISO 7730, Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of the thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. International Organization for Standardization, Genève, Switzerland, (2005).
- [6]-Krüger, E., Dumke, E. & Michaloski, A., Sensação de conforto térmico: respostas dos moradores da Vila Tecnológica de Curitiba. VI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente

Construído, Anais do VI ENCAC, São Pedro - São Paulo, Brasil, UNICAMP/UESCar/Assoc. Nacional de tecnologia do Ambiente Construído, Vol. 1 (2001) 1-7.

[7]-Lamberts, R., Conforto e Stress Térmico. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, (2011).

[8]-Liu, J., Yao, R., Wang, J., & Li, B., Occupants' behavioural adaptation in workplaces with non-central heating and cooling systems. *Applied Thermal Engineering*, 35 (2012) 40-54.

[9]-Morgado, M., Talaia, M. & Teixeira, L., A new simplified model for evaluating thermal environment and thermal sensation: An approach to avoid occupational disorders. *International Journal of Industrial Ergonomics*, (2015) 1-11.

[10]-Talaia, M., Riscos no local de trabalho - ambiente térmico quente. Riscos naturais Antrópicos e Mistos. In Departamento de Geografia, Faculdade de Letras, Universidade de Coimbra (Ed.). Homenagem ao professor Fernando Rebelo, (2013) 555-567.

[11]-Talaia, M., Riscos para a saúde num ambiente térmico frio: o vestuário e uma onda de frio. *Territorium*, 23 (2016) 43-50.

[12]-Talaia, M., Meles, B. & Teixeira, L., Evaluation of the Thermal Comfort in Workplaces - a Study in the Metalworking Industry. *Occupational Safety and Hygiene*. Editors Arezes et al. Taylor & Francis Group, London, (2013) 473-477.

[13]-Talaia, M. & Silva, M., Relationships between the thermal comfort and education. In J. P. Meyer (Ed.), HEFAT2010 Proceedings - 7th International Conference on Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics (pp. 295-300). Antalya, Turquia, (2010).

[14]-Talaia, M. & Silva, M., Conforto Térmico - Implicações no Processo de Ensino e Aprendizagem de Alunos. Proceedings 6º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia e 3º Congresso de Engenharia de Moçambique (artigo CLME'2011_2803A, 13 páginas). Maputo, 29 de Agosto a 2 de Setembro. M., (2011).

[15]-Talaia, M. & Silva, M., Aprendizagem condicionada pelo ambiente térmico da sala de aula. In AME AEMET Ed.). *Tiempo, Clima y Sociedad - Proceedings of XXXIII Jornadas Científicas da AME & 15º Enc. Hispano-Luso de Meteorología* (4 páginas). Oviedo, Espanha, (2014).

[16]-Talaia, M. & Simões, H., EsConTer: um índice de avaliação de ambiente térmico. Em V Congresso Cubano de Meteorología (pp. 1612-1626). Somet-Cuba, Sociedad de Meteorología de Cuba, (2009).

[17]-Talaia, M. & Rodrigues, F., Conforto e stress térmico: uma avaliação em ambiente laboral. Em J. F. S. Gomes et al., Proceedings CLME'2008 II CEM. 5º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia e 2º Congresso de Engenharia de Moçambique: Maputo. Porto: Edições INEGI, (2008).

[18]-Talaia, M. & Vigário, C., Temperatura de ponto de orvalho: um risco ou uma necessidade. Geografia, Cultura e Riscos. Livro de Homenagem ao Prof. Doutor António Pedrosa. Luciano Lourenço (Coords.), Imprensa da Universidade de Coimbra, (2016) 169-197.

ARTIGO REF: 6796

COMO PREVER O ISOLAMENTO TÉRMICO DE VESTUÁRIO COM BASE NA SENSAÇÃO DE CONFORTO NUM AMBIENTE TÉRMICO

Mário Talaia^(*)

Universidade de Aveiro, Departamento de Física (CIDTFF) - Aveiro, Portugal

^(*)*Email:* mart@ua.pt

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo mostrar que um ambiente térmico de uma sala de aula afeta a aprendizagem de estudantes e que os resultados obtidos pelos estudantes são condicionados pela caracterização do ambiente térmico em frio, confortável e quente. O tipo de vestuário do estudante também tem um papel determinante na sua sensação térmica, tendo este aspeto sido abordado por previsão.

Foi também investigada a insatisfação que se regista num ambiente térmico e apresentam-se alguns resultados obtidos do isolamento térmico requerido para se estar confortável em ambiente térmico.

INTRODUÇÃO

Em diferentes indústrias com ambientes quentes, confortáveis e frios os trabalhadores devem usar um vestuário função da atividade desenvolvida. Cabe a Direção de Higiene e Segurança avaliar a sensação térmica dos trabalhadores, num ambiente térmico, de modo que estes não sintam fadiga ou stress ao frio ou ao quente. Detetar perigos para a segurança e saúde dos trabalhadores é uma tarefa primordial. Qualquer atividade humana é influenciada pelo ambiente térmico que condiciona o metabolismo ou vice-versa. O stress térmico nos locais de trabalho afeta a tensão arterial, o desempenho e a produtividade de trabalhadores (Hólmer, 2010). Niemelä *et al.* (2002) mostraram que a produtividade é um dos fatores mais importantes em qualquer ambiente térmico.

O estudo da relação entre o ambiente térmico e a produtividade é complexo, uma vez que ambos os conceitos dependem de muitos fatores, entre eles, parâmetros individuais e ambientais (Talaia & Rodrigues, 2008). Temperaturas muito altas ou muito baixas quando se valoriza a humidade relativa do ar têm um impacto bastante significativo no bem-estar do ser humano. Ao transpor-se a zona de conforto humano, existe uma falta de satisfação e mal-estar por parte do ser humano no ambiente térmico em que se encontra. Para um ambiente térmico as sensações térmicas são subjetivas, isto é, dependem de cada indivíduo. Pode-se afirmar que a sensação térmica de cada indivíduo depende do vestuário usado, da idade, do sexo, da massa corporal, do estado psíquico, do estado de saúde, da adaptação, da sazonalidade, do ritmo cardíaco e da atividade desenvolvida. É impossível estabelecer condições ambientais que satisfaçam todos os presentes plenamente, ou seja, haverá sempre insatisfeitos (ISO 7730, 2005). O tipo de vestuário usado é determinante para se avaliar a sensação térmica real de um indivíduo (Talaia & Rodrigues, 2008). Para cada tipo de atividade deveria ser estabelecido o tipo de vestuário. Se o vestuário não for o mais apropriado, a sensação de desconforto será evidenciada e a rentabilidade e o bem-estar do indivíduo será afetado. O isolamento térmico do vestuário é uma propriedade própria do tipo de vestuário e representa a resistência à transferência de energia sob a forma de calor entre a superfície da pele através do vestuário

para o ambiente circundante ou vice-versa. O valor da unidade de clo (isolamento térmico do vestuário) das peças de roupa é condicionado pelas propriedades e características dos materiais empregues na confecção dos tecidos (Fanger, 1972; ISO 7730, 2005; ASHRAE, 2001).

A problemática de um ambiente térmico em diferentes ambientes e na vertente do ensino e aprendizagem tem sido largamente estudada [ver por exemplo, Silva e Talaia (2010); Silva e Talaia (2012); Talaia (2013); Talaia e Silva (2010); Talaia e Silva (2011); Talaia e Silva (2014); Talaia e Simões (2009); Talaia e Rodrigues (2008), Talaia, Meles e Teixeira (2013), Morgado, Talaia e Teixeira (2015), ...].

Silva (2015) mostrou que a experiência no terreno a tratar da problemática “mudança global” da atmosfera é importante e que muitos professores têm muita dificuldade em abordá-la. É sabido que na formação inicial de professores os conteúdos abordados, nesta temática, não são devidamente trabalhados e, por isso, os professores têm de estudar individualmente e não têm possibilidade de tirar dúvidas que possam surgir, pois não sabem a quem recorrer, apenas têm a possibilidade de partilhar informações entre colegas. Por outro lado é uma temática com uma dificuldade de interpretação física muito acima da média.

Goldemberg e Lucon (2007) mostraram que os problemas energéticos fazem parte do quotidiano do ser humano.

Nesta perspectiva os estudantes numa sala de aula são influenciados pelo ambiente térmico que os envolve e devem ser motivados a conhecer que parâmetros entram na determinação de um ambiente térmico considerado de frio, confortável e quente que influencia os seus resultados de aprendizagem.

Tilbury (2011) recomenda que partir de questões problemas relacionadas com sustentabilidade da Terra se promova ABRP (Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas) para os estudantes desenvolverem literacia em sustentabilidade, perspetivando soluções e ações alternativas, planeando-as, implementando-as, refletindo sobre elas e avaliando-as.

Krüger *et al.* (2001) mostraram que com o desenvolvimento de pesquisas em torno da Ergonomia surgiu a necessidade de avaliar o efeito do “clima” no posto de trabalho e no operador humano de uma empresa. Este estudo é um alicerce de pensamento crítico pois há também necessidade de conhecer como o ambiente térmico de uma sala de aula influencia a aprendizagem e os resultados de um estudante.

Fanger (1972) confirmou a importância do estudo do conforto térmico e enfatizou o seu carácter multi e interdisciplinar. Segundo Fanger (1972), o conforto térmico envolve variáveis físicas ou ambientais e, também, variáveis subjetivas ou pessoais. Não é possível que um grupo de indivíduos sujeitos ao mesmo ambiente, ao mesmo tempo, esteja todo ele satisfeito com as condições térmicas do mesmo, devido às características individuais dos indivíduos. As variáveis físicas de influência para a obtenção do conforto térmico são: temperatura do ar, temperatura média radiante, humidade relativa do ar e velocidade relativa do ar. As variáveis pessoais envolvidas nas análises, são: atividade desempenhada pelo indivíduo (indicativa da quantidade de calor produzida pelo organismo, e apresentada sob a forma de taxa metabólica) e o vestuário usado pelo indivíduo (indicativa da resistência térmica oferecida às trocas de calor entre o corpo e o ambiente, e apresentada sob a forma de isolamento térmico das roupas).

Howell e Stramiler (1981) referem que além das variáveis acima indicadas existem variáveis psicológicas a serem levadas em consideração nos estudos de conforto térmico, tão ou mais significativas do que as padronizadas, que são: temperatura percebida pelo indivíduo,

sentimento próprio de se sentir mais aquecida ou mais refrescada do que outros indivíduos, tolerância percebida ou tolerabilidade, ajustamento ou adaptação. Adicionalmente, os autores, indicam outras quatro variáveis psicológicas, nomeadamente, decréscimo de “performance”, decréscimo de conforto, decréscimo de energia física e decréscimo de afeto.

Em locais de desconforto térmico pode existir stress térmico devido às condições ambientais desfavoráveis. Por exemplo temperaturas altas podem suscitar risco de acidentes e provocar danos à saúde, afetando o pensamento crítico (Grandjean, 1998).

Atualmente, quando se fala do desenvolvimento cognitivo e dos processos de ensino e aprendizagem devem-se considerar aspetos importantes relacionados com a motivação, os estímulos do ambiente envolvente, as relações sociais e a educação recebida, entre outros (Coll, Palacios e Marchesi, 1995). Considera-se que a motivação e concentração de estudantes deve estar alicerçada no ambiente térmico da sala de aula com cariz de confortável.

De acordo com Lula e Silva (2002) o conforto ambiental está, principalmente, ligado a nove variáveis que representam uma parte importante do bem-estar dos indivíduos e da satisfação dos estudantes que necessitam de ambientes escolares saudáveis. Essas variáveis são o ruído, iluminação, temperatura, humidade relativa, pureza do ar, velocidade do ar, radiação, atividade física e tipo de ventilação.

Santos, Coutinho & Araújo (2002) referem que um ambiente térmico de uma sala de ensino deva estar adequado a garantir conforto aos estudantes, para que estes possam manter um certo equilíbrio, quer físico quer psíquico, sem necessidade do esforço de adaptação.

É sabido que a preocupação com o desempenho térmico nas escolas públicas tem tido pouca importância ao longo dos tempos. A maioria das edificações escolares apresenta partidos arquitetónicos e sistemas construtivos mais ou menos padronizados, moldados da mesma forma, sendo o mesmo projeto construído, muitas vezes, sem ter em conta a área e o clima da região.

Todos estes fatores se forem ligados sugerem que a maioria das edificações escolares públicas pode não satisfazer as necessidades básicas de conforto térmico. Certamente estas condições interferem negativamente na motivação e concentração dos estudantes. Para solucionar esta problemática é necessário que numa arquitetura escolar se tenha em conta as necessidades de conforto térmico, de forma a proporcionar um ambiente térmico confortável de bem-estar e que favoreça o ensino e aprendizagem (Nogueira & Nogueira, 2003).

Num ambiente térmico o conforto térmico pode ser definido como um estado de espírito que reflete satisfação com o ambiente térmico que envolve um indivíduo. Assim, entende-se que a sensação térmica é relativa de indivíduo para indivíduo e depende, também, do metabolismo de cada um (ISO 7730, 2005).

Frota e Schiffer (1995) descrevem que os primeiros trabalhos desenvolvidos em 1916, pela Comissão Americana de Ventilação, confirmaram que para trabalhos físicos e quando a temperatura aumenta de 20°C para 24°C o rendimento de trabalho diminui cerca de 15% e para uma temperatura ambiente de 30°C e uma humidade relativa do ar de cerca de 80% o rendimento diminui cerca de 28%. Perante estas informações é de esperar que em salas de aula o ambiente térmico pode influenciar o processo de aprendizagem dos estudantes, afetando os índices de motivação, concentração e aproveitamento dos mesmos.

Wyon (2010) relacionou o conforto térmico com o ensino de professores e a aprendizagem de estudantes. Os dados registados em sala de aula de duas escolas na Dinamarca, envolvendo cerca de 300 estudantes mostraram uma diminuição dos resultados de avaliação de 3,5% por cada °C de aumento de temperatura interior da sala de aula.

Rebelo, Santos, Batista e Diogo (2008) mostraram que o ambiente térmico de salas de aula condiciona o processo de aprendizagem. Os autores mostraram como a radiação solar direta e diurna ao longo do dia afeta as condições de conforto térmico nas salas de aula.

Nunca é demais recordar as palavras escritas pelo professor Doutor Fernando Rebelo, do Departamento de Geografia da Universidade de Coimbra, aquando do lançamento do livro de Homenagem no programa da cerimónia de Jubilação, ao citar o trabalho publicado por Talaia (2013) “... ao ler a parte relativa ao ambiente térmico em sala de aula, por exemplo, lembrei-me de um caso que soube ter acontecido numa grande sala de aula, com muitos vidros que a faziam bonita, mas que a transformavam numa estufa de calor - em certo dia, à tarde, vários estudantes desmaiaram numa sequência que levou à suspensão da aula ...”. As palavras de tão ilustre personagem, no Ensino e na Ciência em Portugal e no Estrangeiro, mostram bem a relevância e a pertinência da problemática apresentada neste trabalho.

Este trabalho tem como objetivo mostrar que um ambiente térmico de uma sala de aula afeta a aprendizagem e que os resultados obtidos pelos estudantes são condicionados pela caracterização do ambiente térmico em frio, confortável e quente. O tipo de vestuário do estudante também tem um papel determinante na sua sensação térmica, tendo este aspeto sido abordado por previsão.

MÉTODOS

Neste trabalho aplicou-se uma metodologia de cariz quantitativo, centrada na análise de variáveis, obtidas através do registo de dados termohigrométricos e de uma escala de sensação térmica de cores e, ainda, uma metodologia de cariz qualitativo dos registos efetuados através de questões problema aplicadas, sem aviso prévio, nos últimos 15min da aula.

A amostra é constituída por 24 estudantes e o estudo foi realizado durante o Inverno (ambiente térmico considerado de frio) e a Primavera (ambiente térmico considerado de quente). A amostra foi constituída por estudantes do oitavo ano de escolaridade (Portugal tem, atualmente, doze anos de escolaridade antes da entrada em ensino superior - licenciatura).

Antes da aplicação da estratégia fez-se um estudo preliminar acerca da evolução das avaliações dos estudantes de forma a ter uma opinião de “avaliação padrão” na aprendizagem face aos resultados obtidos, sem se valorizar a influência do ambiente térmico.

As condições de conforto térmico de uma sala de aula e como afetam o processo de aprendizagem foram investigadas. Valores termohigrométricos (registados num psicrómetro construído pelos estudantes e constituído por um termómetro de bolbo seco para avaliar a temperatura do ar e um termómetro de bolbo húmido para avaliar a temperatura do termómetro húmido) e valores da sensação térmica prevista e real foram registados no interior da sala de aula, nos dias em que os estudantes respondiam, nos últimos 15min da aula, a uma questão problema tratada pelo professor durante a aula e sem aviso prévio. Para a sensação térmica real foi usada uma escala térmica de cores, como se mostra na Figura 1, onde cada estudante marcava com uma (X) a sensação que sentia.

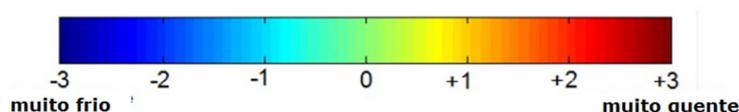


Fig. 1 - Escala térmica de cores (Talaia e Rodrigues, 2008)

Os dados registados foram tratados no programa SPSS.

Para avaliar a sensação térmica prevista na sala de aula foi usado o índice térmico EsConTer (Talaia e Simões, 2009; Morgado, Talaia e Teixeira, 2015), cujo valor é calculado através da aplicação da expressão

$$\text{EsConTer} = -3,75 + 0,103(T + T_w) \quad (1)$$

em que T representa a temperatura do ar (°C) e T_w a temperatura do termómetro húmido (°C).

O índice EsConTer determina um valor da escala sétima de sensação térmica, é de fácil cálculo matemático e de fácil interpretação. O valor de EsConTer situa-se na gama de -3 (ambiente térmico muito frio) a +3 (ambiente térmico muito quente).

Os estudantes tiveram a oportunidade de compreenderem a estratégia para se avaliar a condição de conforto térmico de uma sala de aula e realizaram diversas análises função dos registos.

RESULTADOS E SUA DISCUSSÃO

Os dados registados no psicrómetro permitiram prever, por aplicação do índice EsConTer desenvolvido por Talaia e Simões (2009), o valor da sensação térmica para as condições termohigrométricas da sala de aula, numa escala de -3 a +3, com uma interpretação física fácil acerca do tipo do ambiente em termos de conforto térmico.

A percentagem de insatisfeitos que se prevê para um ambiente térmico por aplicação do índice PPD (ISO 7730, 2005) pode usar o valor de EsConTer no lugar de PMV, como se indica na expressão,

$$\text{PPD} = 100 - 95e^{-(0,0353\text{EsConTer}^4 + 0,2179\text{EsConTer}^2)} \quad (2)$$

A Figura 2 mostra, com alguma banda desenhada, como a sensação térmica influencia a insatisfação de presença de um estudante (ou qualquer indivíduo) num ambiente térmico.

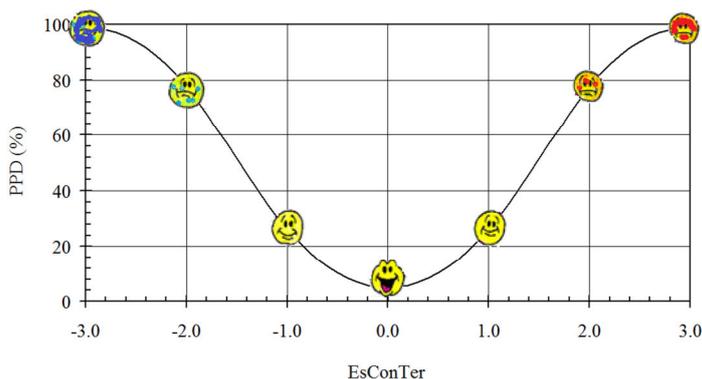


Fig. 2 - Modelo e situação de sensação térmica prevista (adaptado ISO 7730, 2005).

Neste trabalho a turma de 24 estudantes, chamada de turma B, por opção de operacionalidade, funcionou em dois turnos (1 e 2) de horário.

Aprendizagem condicionada pelo ambiente térmico de uma sala de aula, ambiente considerado “frio” (Inverno)

A Figura 3 apresenta um conjunto de gráficos dos resultados da avaliação dos estudantes para o turno 1 em função das sensações térmicas indicadas pelos estudantes no momento das

avaliações (foram consideradas 5 avaliações, no entanto, por opção e para otimizar o tamanho das figuras, são apresentadas apenas quatro).

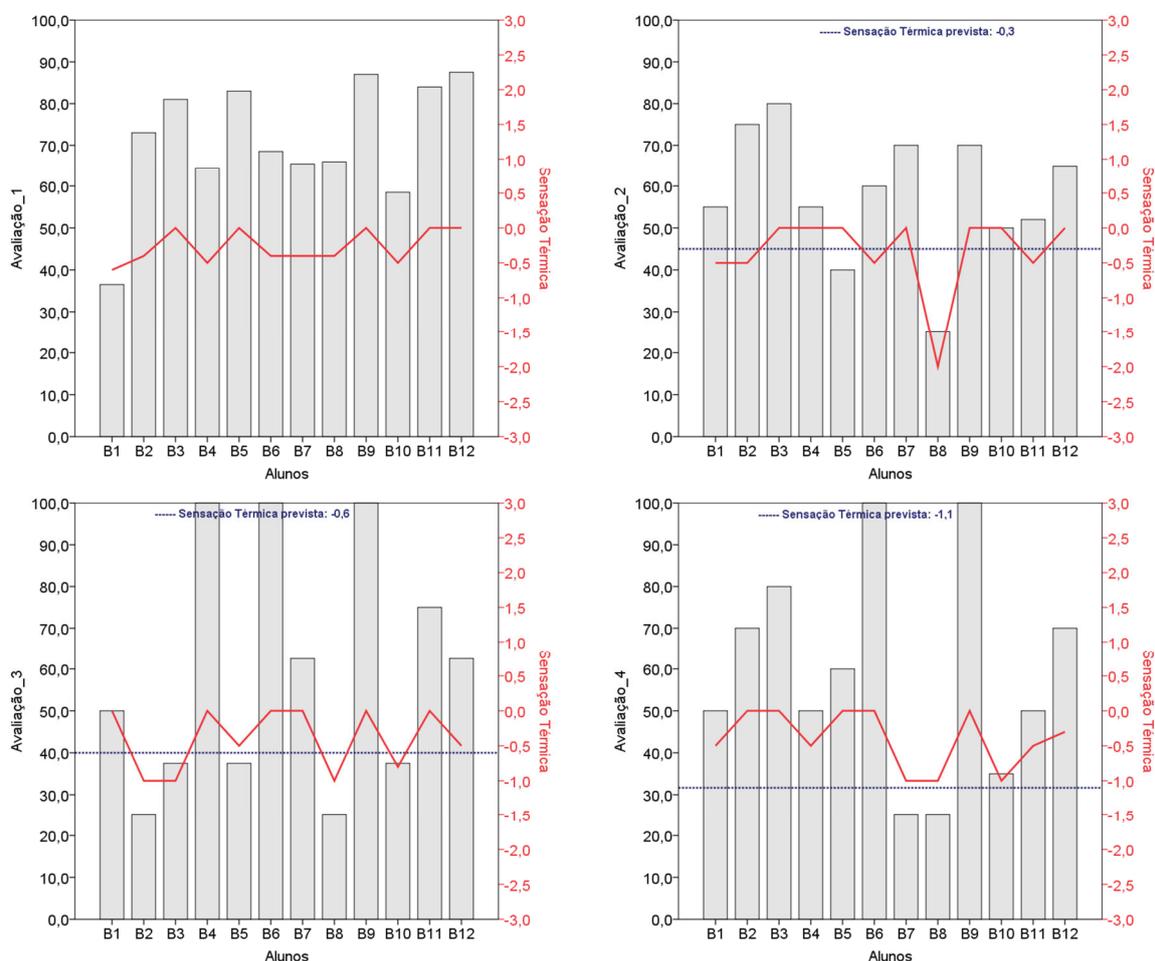


Fig. 3 - Sensação térmica versus avaliação na turma B, turno 1, *Inverno*.

A Figura 4 mostra um outro conjunto de gráficos referentes aos resultados da avaliação dos estudantes da mesma turma B, turno 2. No geral é bom salientar, que sendo estas as avaliações realizadas durante o *Inverno*, a sensação térmica prevista pelo índice EsConTer é no geral inferior à sensação térmica registada pelos estudantes, devido a falta de aquecimento da sala de aula. Por outro lado, é sabido que durante o *Inverno* os estudantes usam vestuário considerado de quente para protegerem o corpo da sensação térmica de “frio”.

A linha quebrada indicada nas imagens das Figuras 3 e 4 representa a sensação térmica real registada na escala térmica pelos estudantes e, no geral, é superior à sensação térmica prevista pelo índice EsConTer e indicada, nas imagens, pela linha horizontal.

Da interpretação dos valores indicados nas imagens das Figuras 3 e 4 pode-se concluir que os resultados obtidos pelos estudantes são condicionados pelas características do ambiente térmico. Na prática, como seria esperado, quando a sensação térmica real dos estudantes se situa na gama $[-0,5; +0,5]$ os resultados são positivos. Nestes termos, os resultados obtidos pelos estudantes, na avaliação, mostram, inequivocamente, que o ambiente térmico de uma sala de aula condiciona o ensino e a aprendizagem.

Quando a sensação térmica real dos estudantes suscita um ambiente térmico de ligeiramente “frio” (-1,0) a “frio” (-2,0) os resultados da avaliação, no geral, são negativos, ou seja, inferiores a 50% (out 100%).

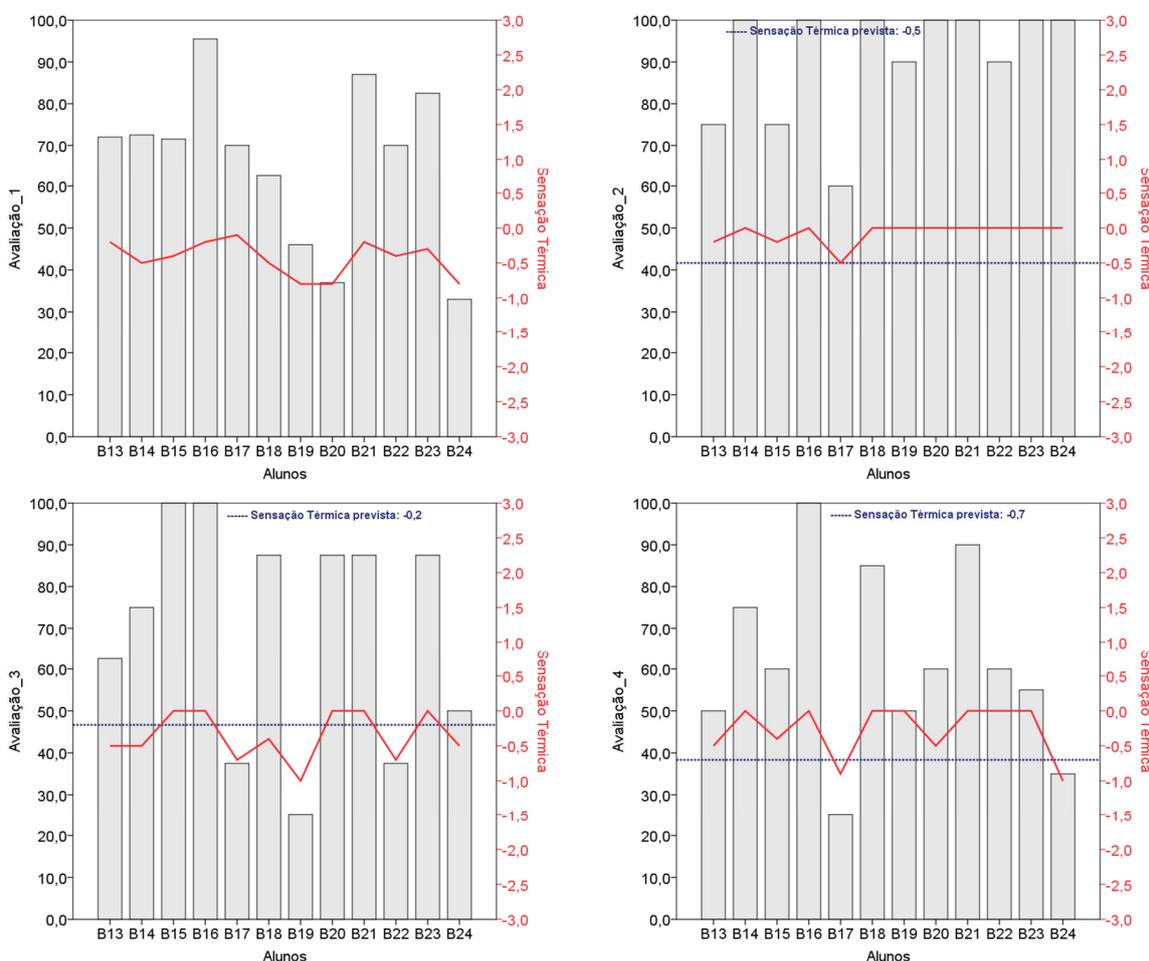


Fig. 4 - Sensação térmica versus avaliação na turma B, turno 2, Inverno.

A sensação térmica real registada pelos estudantes está em concordância com o valor da sensação térmica previsto pelo índice EsConTer.

A observação visual do vestuário dos estudantes foi registada, e os resultados mostraram haver coerência face à proteção de isolamento térmico do vestuário usado.

Quando se avalia para o valor previsto da sensação térmica o número de estudantes insatisfeitos através do índice PPD, os resultados mostram que para o turno 1, a situação com menos insatisfeitos é na Avaliação_2 com 6,9% e com mais insatisfeitos é na Avaliação_4 com 30,5%. Para o turno 2, a situação com menos insatisfeitos é na Avaliação_3 com 5,8% e com mais insatisfeitos é na Avaliação_4 com 15,3%.

As imagens da Figura 5 mostram para cada estudante os resultados das avaliações consideradas. Em termos de conclusão, a observação das imagens da Figura 5 mostra que os resultados das avaliações para cada estudante depende do ambiente térmico. A análise mostra, ainda, que quando a sensação térmica real se situa na gama [-0,5;+0,5] os resultados são, no geral, positivos. Quando o ambiente tem características de ligeiramente “frio”, os resultados das avaliações tendem a ser negativos. Pode-se constatar, ainda, que quando a sensação térmica real regista valores próximos de “frio” os resultados obtidos pelos estudantes são, no

geral, bastante negativos. A insatisfação dos estudantes prevista está em concordância com os resultados obtidos.



Fig. 5 - Sensação térmica *versus* resultado da avaliação de cada estudante, *Inverno*.

A Figura 6 mostra como as avaliações dos resultados obtidos pelos estudantes variaram ao longo do estudo. É também feita uma comparação com a avaliação prévia antes de aplicar esta metodologia de intervenção, face a um ambiente térmico de uma sala de aula.

A observação da Figura 6 mostra para cada estudante os resultados obtidos durante a avaliação do estudo e da avaliação prévia com os respectivos erros absolutos. Como seria esperado, os resultados prévios apresentam um desvio absoluto muito inferior ao desvio absoluto registado durante o estudo.

É muito interessante a observação das imagens da Figura 6 que têm por base a sensação térmica. Na prática e durante o estudo, a sensação térmica real e registada pelos estudantes está em concordância com a sensação térmica prevista pelo índice EsConTer, o que mostra que este é um excelente preditor da sensação térmica para um ambiente térmico.

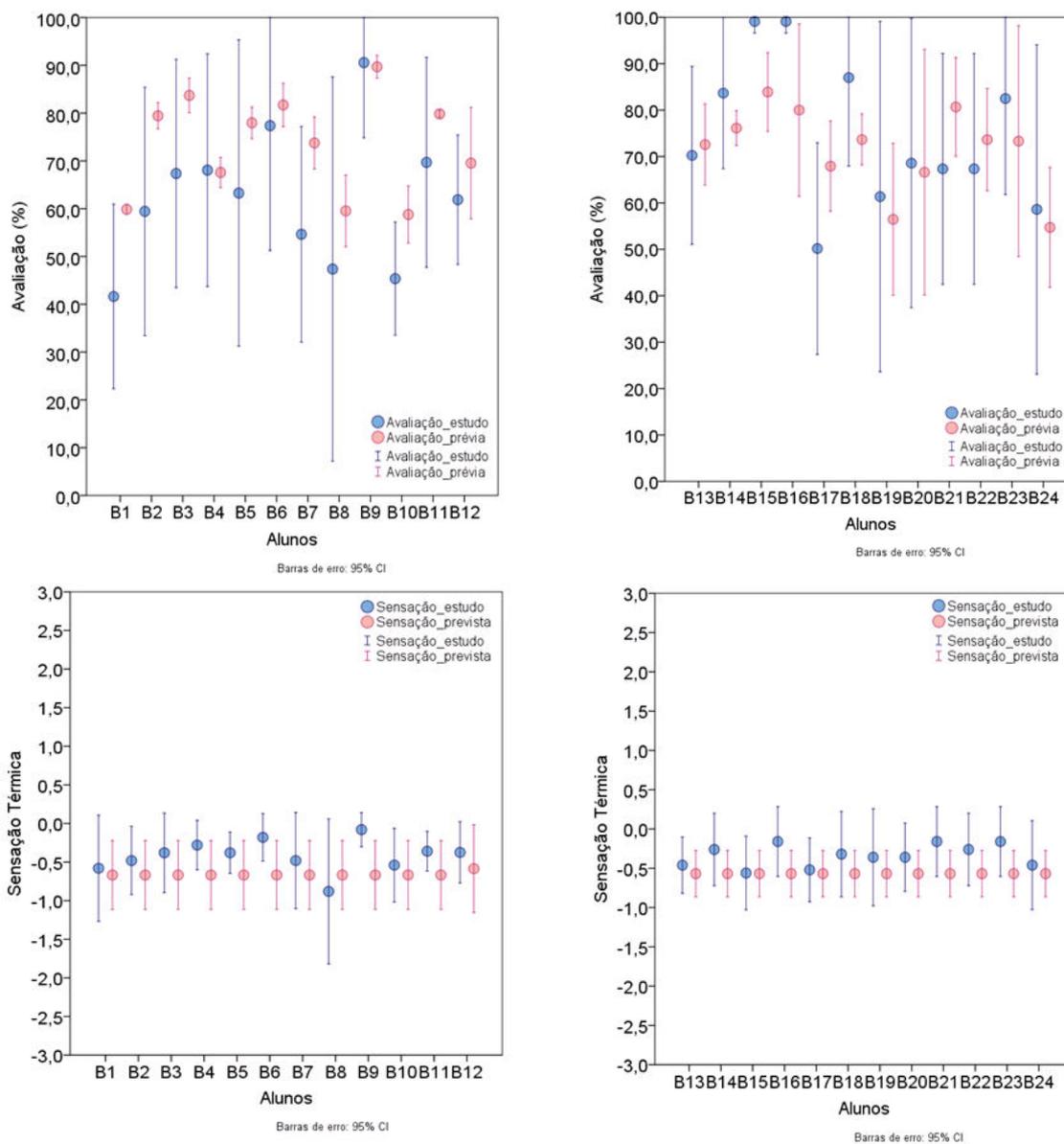


Fig. 6 - Avaliação e sensação térmica para cada estudante, durante e antes da aplicação da estratégia, *Inverno*.

Mais uma vez e em jeito de conclusão, pode-se afirmar que o resultado das avaliações dos estudantes é fortemente condicionada pela sensação térmica real e registada pelos estudantes para ambientes considerados frios (*Inverno*). Conclui-se, ainda, que o processo de ensino e aprendizagem é afetado pelas condições térmicas do ambiente da sala de aula. É importante salientar que nas avaliações realizadas os conteúdos avaliados foram lecionados na aula que se realizou a avaliação, o que reforça a necessidade dos estudantes sentirem conforto térmico para a construção, sem esforço, do conhecimento.

Aprendizagem condicionada pelo ambiente térmico de uma sala de aula, ambiente considerado quente (Primavera)

A Figura 7 apresenta um conjunto de gráficos dos resultados da avaliação dos estudantes para o turno 1 em função das sensações térmicas indicadas pelos estudantes no momento das avaliações (foram consideradas 5 avaliações, no entanto, por opção, são apresentadas apenas quatro) e para o ambiente considerado quente - Primavera.

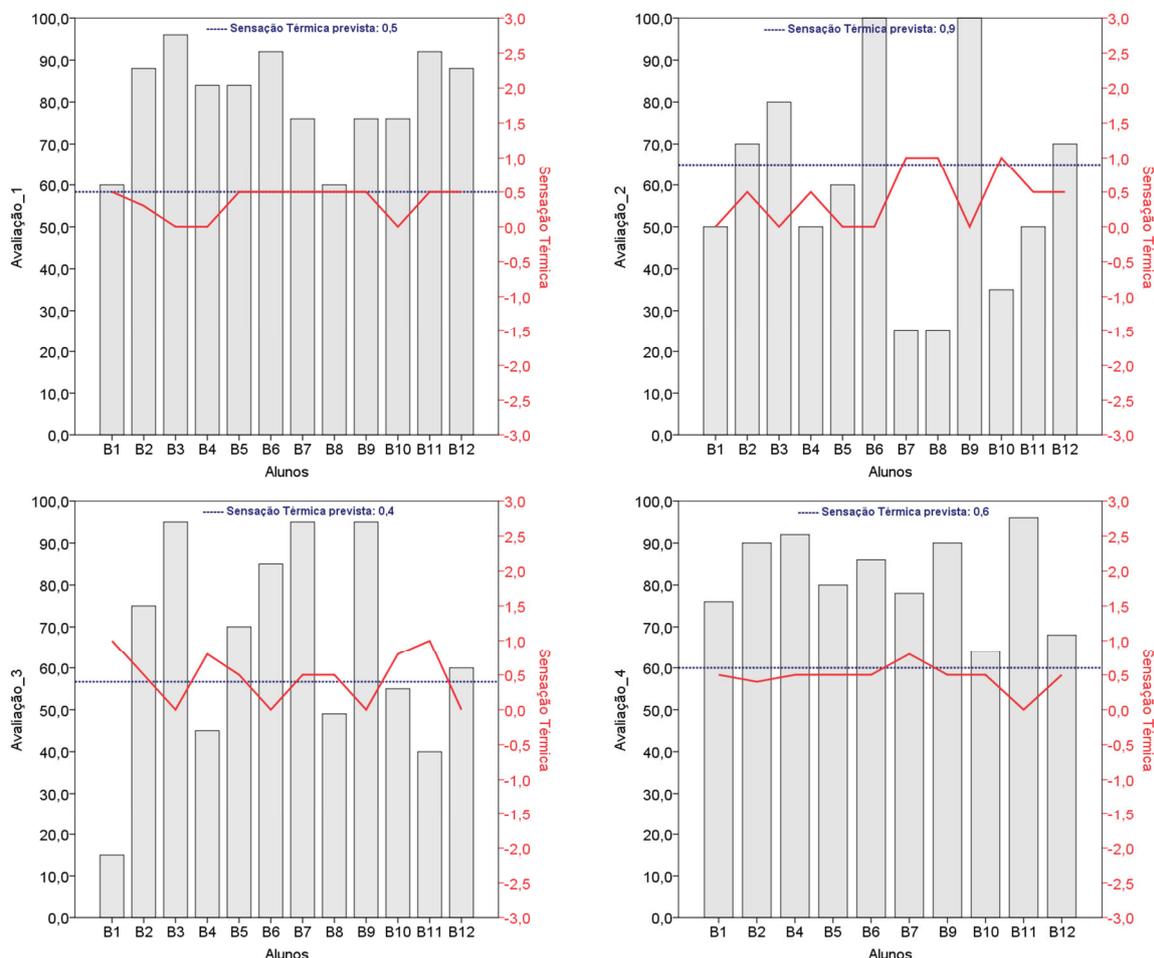


Fig. 7 - Sensação térmica versus avaliação da turma B, turno 1, Primavera.

A Figura 8 mostra um outro conjunto de gráficos referentes aos resultados da avaliação dos estudantes da mesma turma B, turno 2.

Conclusões idênticas podem ser retiradas face aos resultados para o ambiente considerado de frio - Inverno. No geral, os resultados obtidos confirmam inequivocamente que o ambiente térmico influencia na aprendizagem do estudante e na construção do seu conhecimento.

Para valores de sensação térmica reais e registadas superiores a +0,5 os resultados da avaliação são inferiores a 50% (out 100%).

Na observação das imagens das Figuras 7 e 8 e para cada Avaliação_j, os resultados obtidos pelos estudantes mostram, inequivocamente, que a sensação térmica influencia os resultados da avaliação. Quando a sensação térmica real e registada pelos estudantes se localiza na zona de conforto [-0,5;+0,5] os resultados tendem a ser positivos, no geral, iguais ou superiores a 50% (out 100%).

Mais uma vez é confirmada que a sensação térmica real dos estudantes está em concordância com a sensação térmica prevista pelo índice EsConTer. Tal como na análise do período de Inverno, o vestuário parece influenciar a sensação térmica real dos estudantes.

A insatisfação dos estudantes foi medida através da aplicação do índice PPD. Os resultados obtidos mostram que para o turno 1, a situação com menos insatisfeitos foi registada na Avaliação_3 com 8,3% e com mais insatisfeitos na Avaliação_5 com 30,5%. Para o turno 2, a situação com menos insatisfeitos foi registada na Avaliação_1 com 8,3% e com mais insatisfeitos na Avaliação_5 com 40,3%, como seria de esperar.

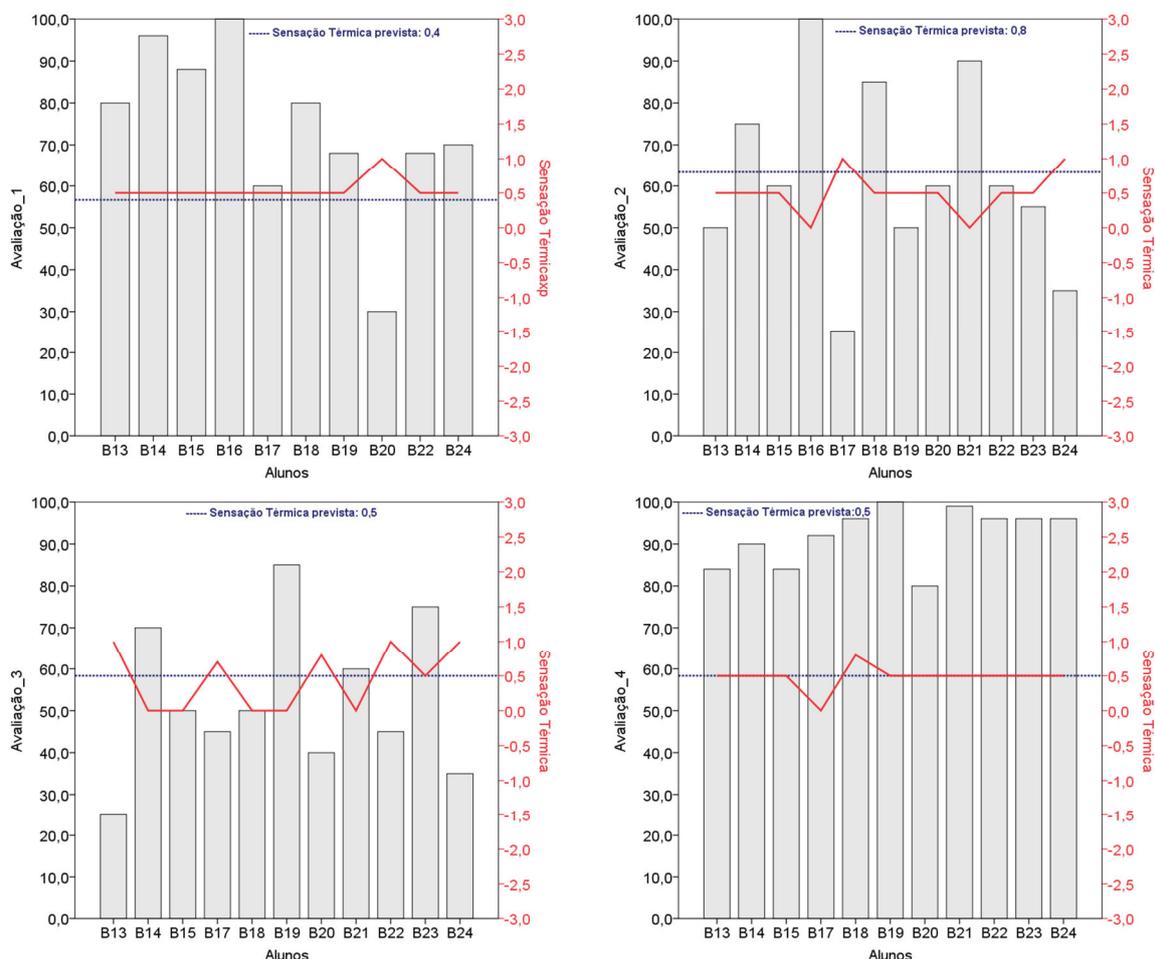


Fig. 8 - Sensação térmica versus avaliação da turma B, turno 2, Primavera.

A Figura 9 apresenta o conjunto de imagens que mostram a evolução das avaliações dos estudantes quando o ambiente térmico é alterado, para os dias considerados quentes, Primavera.

Como conclusão pode-se afirmar que a observação da Figura 9 mostra que quando a sensação térmica real de um estudante é superior a +0.5 os resultados obtidos tendem a ser negativos. Quando o ambiente tem características de ligeiramente “quente”(+1,0) a “quente” (+2,0), os resultados são muito negativos.

Com base nos pressupostos apresentados e com base nos resultados obtidos é possível afirmar que a avaliação da aprendizagem é fortemente condicionada pela sensação térmica real registada pelos estudantes, quer para ambientes considerados “frios” (*Inverno*) quer para ambientes considerados “quentes” (*Primavera*).

Fez-se a interpretação das avaliações ao longo do estudo fazendo a respetiva comparação com a avaliação prévia padrão (antes de ser aplicada a estratégia). Na Figura 10 apresentam-se esses dados com os respetivos desvios absolutos.

A observação da Figura 10 mostra para cada estudante os resultados obtidos durante a avaliação do estudo e da avaliação prévia com os respectivos erros absolutos. Como seria esperado, os resultados prévios apresentam um desvio absoluto muito inferior ao desvio absoluto registrado durante o estudo.



Fig. 9 - Sensação térmica versus avaliação de cada estudante, da turma B, Primavera.

Por último, pode-se afirmar que os resultados obtidos permitiram conhecer as sensações de conforto e desconforto dos estudantes e a forma como condicionam a aprendizagem.

Conclui-se, também, que as condições térmicas de uma sala de aula pode condicionar o ensino e a aprendizagem.

A análise dos resultados mostra, inequivocamente, que este método é uma ferramenta importante para avaliar como situações de desconforto térmico podem condicionar o processo de aprendizagem de estudantes.

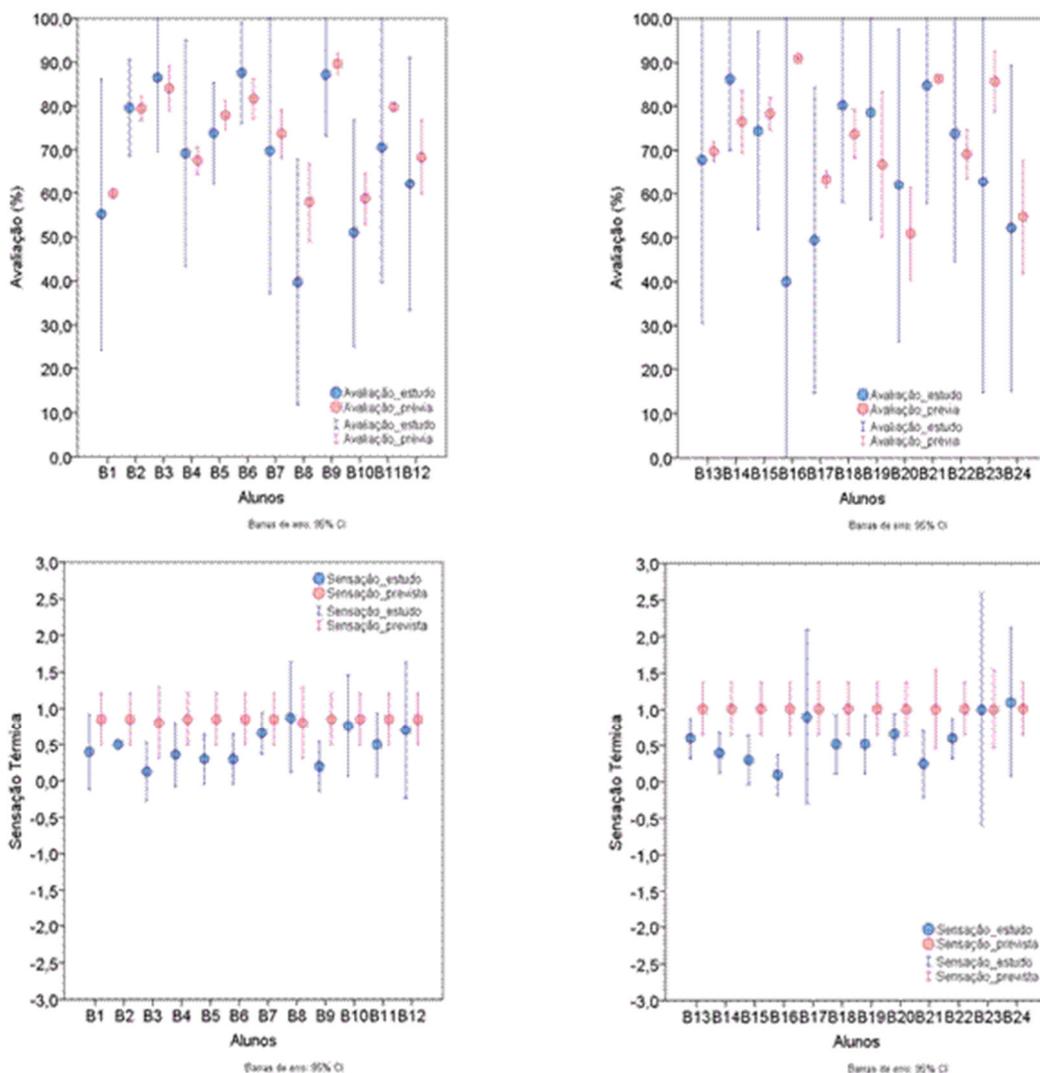


Fig. 10 - Avaliação e sensação térmica para cada estudante, *Primavera*.

Na Figura 11 é mostrada como a insatisfação de um estudante é influenciada pelo isolamento térmico do vestuário usado pelo estudante.

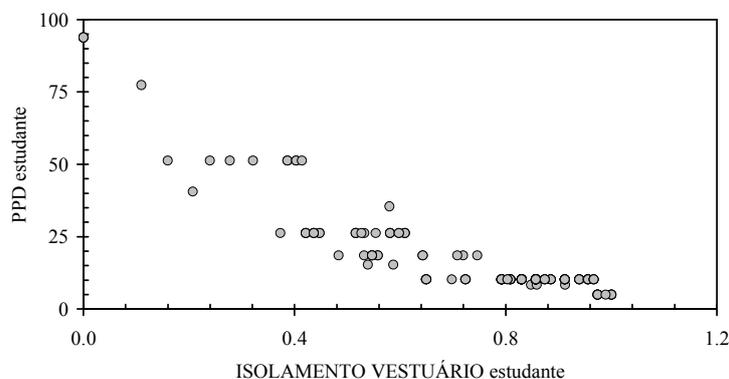


Fig. 11 - Insatisfação do estudante face ao vestuário usado.

A observação visual da Figura 11 mostra que o tipo de vestuário usado pelo estudante num determinado ambiente térmico influencia o grau de satisfação do estudante. Os resultados obtidos mostram que condiciona a aprendizagem de estudantes.

De modo a serem compreendidos os resultados indicados na Figura 11 foi construída a Figura 12 que mostra a gama de vestuário, em termos de conforto para os ambientes térmicos registados na sala de aula. A observação da figura mostra, inequivocamente, que os estudantes usam vestuário que não está de acordo com o ambiente térmico favorecendo a sua insatisfação.

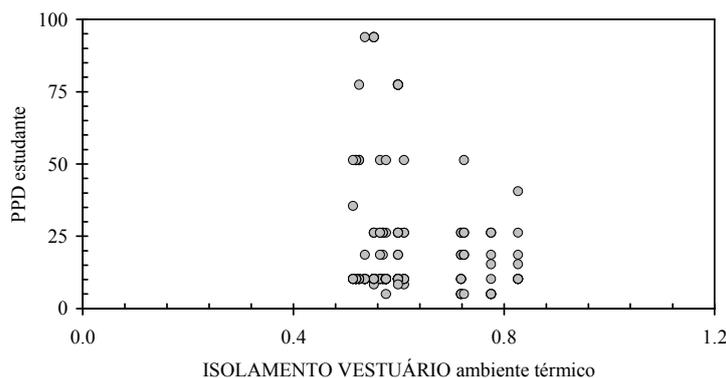


Fig. 12 - Insatisfação do estudante face ao vestuário previsto para ambiente térmico.

Na problemática atual de alterações climáticas, em que o aquecimento global é aceite, estudos desta natureza são importantes de modo a ser avaliado o conforto térmico como uma implicação no processo de ensino e de aprendizagem.

CONCLUSÕES

Foi possível mostrar que a avaliação de conhecimentos adquiridos pelos estudantes é fortemente condicionada pela sensação térmica sentida para ambientes considerados de “frios” e ambientes considerados de “quentes”.

Concluiu-se, ainda, que o processo de aprendizagem é afetado pelas condições termohigrométricas do ambiente térmico da sala de aula.

A análise de resultados mostrou que quando os valores da sensação térmica real registada pelos estudantes é inferior a -0,5 ou superior a +0,5 da escala sétima térmica, os resultados obtidos da avaliação de conhecimentos tendem a ser negativos, ou seja, inferiores a 50% (out 100%). No entanto, quando a sensação térmica real registada pelos estudantes está inserida na gama [-0,5;+0,5] os resultados são, no geral, positivos.

Os resultados obtidos mostraram que a sensação térmica real está em concordância com a sensação térmica prevista pelo índice EsConTer.

Os resultados deste trabalho poderão adicionar algo inovador quanto se fala da responsabilidade de um professor e dos resultados de seus estudantes. *Começar a introduzir o ambiente térmico de uma sala de aula como fator influenciador nos resultados de um professor, parece uma via muito oportuna.*

AGRADECIMENTOS

O autor agradece parte do suporte financeiro concedido pela FCT, o que significa que o trabalho foi, também, financiado por Fundos Nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto UID/CED/00194/2013.

À Doutora Marta pelo seu profissionalismo e na interpretação cuidada na aplicação da estratégia - como um ambiente térmico influencia os resultados da aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- [1]-ASHRAE, Handbook of Fundamentals - Physiological Principles for Comfort and Health. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Chapter 8, Atlanta, (2001) 1-32.
- [2]-Coll, C., Palacios, J. & Marchesi, A. Desenvolvimento Psicológico e Educação. Artmed: Porto Alegre, (1995).
- [3]-Fanger, P., Thermal Comfort. 2ª Edição, McGraw-Hill, New-York, (1972).
- [4]-Frota, A.B. & Schiffer, S.R., Manual de Conforto Térmico. São Paulo. Nobel, (1995).
- [5]-Goldemberg, J. & Lucon, O., Energia e meio ambiente no Brasil. Estudos Avançados, 21 (59), (2007) 7-20.
- [6]-Grandjean, E., Manual de Ergonomia - Adaptando o Trabalho ao Homem. 4ª Edição (traduzida por Stein J.), Edição Artes Médicas, Porto Alegre, Brasil, (1998).
- [7]-Holmér, I., Climate change and occupational heat stress: methods for assessment. Global health action, 3 (2010).
- [8]-Howell, W. & Stramiler, C.S., The Contribution of Psychological Variables to the Prediction of Thermal Comfort Judgments in Real World Settings. ASHRAE Transactions, 87(1), (1981) 609-621.
- [9]-ISO 7730, Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of the thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. International Organ. for Standard., Genève, Switzerland, (2005).
- [10]-Krüger, E., Dumke, E. & Michalowski, A., Sensação de conforto térmico: respostas dos moradores da Vila Tecnológica de Curitiba. VI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Anais do VI ENCAC, São Pedro - São Paulo, Brasil, UNICAMP/UESCar/Assoc. Nacional de tecnologia do Ambiente Construído, (2001) Vol. 1, 1-7.
- [11]-Lula, C.C.M. & Silva, L.B. O Conforto ambiental e a Motivação: Implicações no Desempenho de Alunos em Ambientes Climatizados. ABERGO, Recife, ANAIS, (2002).
- [12]-Morgado, M., Talaia, M. & Teixeira, L., A new simplified model for evaluating thermal environment and thermal sensation: An approach to avoid occupational disorders. International Journal of Industrial Ergonomics, (2015) 1-11.
- [13]-Niemelä, R., Hannula, M., Rautio, S., Reijula, K., & Railio, J., The effect of air temperature on labour productivity in call centres - a case study. Energy and Buildings, 34(8) (2002) 759-764.
- [14]-Nogueira, M.C.J.A. & Nogueira, J.S., Educação, meio ambiente e conforto térmico: caminhos que se cruzam. Revista Electrónica em Educação Ambiental, 10, (2003) 104-108.

- [15]-Rebelo, A., Santos Baptista, J. & Diogo, M.T., Caracterização das Condições de Conforto Térmico na FEUP. Em J. F. S. Gomes et al., Proceedings CLME'2008 II CEM. 5º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia e 2º Congresso de Engenharia de Moçambique: Maputo. Porto: Edições INEGI, (2008).
- [16]-Santos, F.M., Coutinho, A.S. & Araújo, B.T., Um estudo sobre a influência do forro de PVC no Conforto Térmico em Habitações Populares. ABERGO, Recife, ANAIS, (2002).
- [17]-Silva, M., Contribuição para o Ensino nas Ciências, usando a temática conforto térmico, Tese para obtenção do grau de Doutor em Didática e Formação. Departamento de Educação, Universidade de Aveiro: Aveiro, (2015) pp. 264.
- [18]-Silva, M. & Talaia, M., Conforto de uma sala de aula: uma avaliação através de equipamento simples. Boletín das Ciencias, Ano 23, Nº. 71, (2010) 183-184.
- [19]-Silva, M. & Talaia, M., Riscos Inerentes ao Aproveitamento Escolar numa Sala de Aulas com Condições Ambientais Consideradas de Frio. VII Encontro Nacional de Riscos e I Fórum sobre Riscos e Segurança do ISCIA. Aveiro, Instituto Superior de Ciências da Infôr e da Adm, 19-20 de Abril, (2012).
- [20]-Talaia, M., Riscos no local de trabalho - ambiente térmico quente. Riscos naturais Antrópicos e Mistos. In Departamento de Geografia, Faculdade de Letras, Universidade de Coimbra (Ed.). Homenagem ao professor Fernando Rebelo, (2013) 555-567.
- [21]-Talaia, M. & Silva, M., Relationships between the thermal comfort and education. In J. P. Meyer (Ed.), HEFAT2010 Proceedings - 7th International Conference on Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics (pp. 295-300). Antalya, Turquia, (2010).
- [22]-Talaia, M. & Silva, M., Conforto Térmico - Implicações no Processo de Ensino e Aprendizagem de Alunos. Proceedings 6º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia e 3º Congresso de Engenharia de Moçambique (artigo CLME'2011_2803A, 13 páginas). Maputo, 29 de Agosto a 2 de Setembro. M., (2011).
- [23]-Talaia, M. & Silva, M., Aprendizagem condicionada pelo ambiente térmico da sala de aula. In AME AEMET Ed.). Tiempo, Clima y Sociedad - Proceedings of XXXIII Jornadas Científicas da AME & 15º Enc. Hispano-Luso de Meteorología (4 páginas). Oviedo, Espanha, (2014).
- [24]-Talaia, M. & Simões, H., EsConTer: um índice de avaliação de ambiente térmico. Em V Congresso Cubano de Meteorología (pp. 1612-1626). Somet-Cuba, Sociedad de Meteorología de Cuba, (2009).
- [25]-Talaia, M. & Rodrigues, F., Conforto e stress térmico: uma avaliação em ambiente laboral. Em J. F. S. Gomes et al., Proceedings CLME'2008 II CEM. 5º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia e 2º Congresso de Engenharia de Moçambique: Maputo. Porto: Edições INEGI, (2008).
- [26]-Talaia, M., Meles, B. & Teixeira, L., Evaluation of the Thermal Comfort in Workplaces - a Study in the Metalworking Industry. Occupational Safety and Hygiene. Editors Arezes et al. Taylor & Francis Group, London, (2013) 473-477.
- [27]-Tilbury, D., Education for Sustainable Development: An Expert Review of Processes and Learning. Paris: UNESCO, (2011).
- [28]-Wyon, D., Thermal and air quality effects on the performance of schoolwork by children. Acedido a 13 de Junho de 2013, de http://web1.swegon.com/upload/AirAcademy/Seminars/Documentation_2010/Vilnius/David_Wyon.pdf, (2010).

ARTIGO REF: 7023

ESTUDO DAS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS ASSOCIADAS A MORTE DE PESSOAS E DESTRUIÇÃO DE INFRAESTRUTURAS NA REGIÃO DA ÁFRICA AUSTRAL. CASO DE ESTUDO: MOÇAMBIQUE

Fernando Hausse Chachaia^{1(*)}, Ian Jandrell²

¹Universidade Eduardo Mondlane, Depart. Eng^a Electrotcnica, Maputo Moçambique

²Universidade Witwatersrand, Faculty of Engineering and the Built Environment, Johannesburg, SA

(*)*Email*: fchachaia@gmail.com

RESUMO

O estudo segue a vários outros feitos em todo mundo relacionados com a morte de pessoas e destruição de infra-estruturas devido a descargas atmosféricas. Na Europa, África e com maior frequência nos Estados unidos da América onde foram desenvolvidos estudos na área de descargas atmosféricas e seus efeitos com vários trabalhos como: “Lightning fatality rates by country over multiple decades” (Holle and López et al. 2003) “Some aspects of global lightning impacts” (Holle, Vaisala, Tucson, Arizona et al. 2015), “How to use public education to change lightning safety standards and save lives and injuries” (Cooper and Holle et al.), “Guidelines for Dealing with Lightning” (Jandrell et al.), “Lightning safety and protection for Africa” (Jandrell et al.). “Lightning myths and beliefs in South África: their effect on personal safety- PhD, thesis” (Estelle Trengove et al. 2012). Esta revisão bibliográfica sugere-nos uma reflexão sobre o estudo dos casos de morte e destruição de infra-estrutura na região da África Austral devido a descargas atmosféricas.

Estudos realizados ao nível da África Austral não são suficientes para obter dados que traduzem o real impacto dos efeitos que o fenómeno da natureza trás para alguns países da Comunidade. Se analisarmos o impacto nos países com muita investigação na área como nos Estados Unidos da América (Holle and López et al. 2003), as descargas atmosféricas ferem e matam anualmente milhares de pessoas no mundo. Uma das grandes preocupações do investigador neste estudo é aprofundar o conhecimento sobre a matéria de modo a encontrar normas que adaptem formas possíveis de minimizar os efeitos das descargas atmosféricas na região da África Austral e avançar na busca de soluções para a protecção da humanidade e infra-estruturas socioeconómicas.

Um dos grandes desafios, para este estudo, será a recolha de dados sobre as morte e destruição de infra-estrutura em toda região, visto que muitos países têm o maior número da população a viverem nas zonas rurais com difícil acesso devido as vias de comunicação, nomeadamente estradas. Para além disso, os países apresentam fraca actividades jornalísticas de investigação associado a falta de meios materiais e recursos financeiros devido altos índices de pobreza que a maior parte destes países apresentam.

As condições climáticas, a localização de habitações em zonas propensas a grandes densidades e frequência de queda de raios atmosféricos, hábitos e costumes, crenças e mitos e ainda a falta de conhecimento na área por parte das populações nos Países da comunidade, estes factos dão uma grande importância ao estudo proposto neste tema. O estudo torna cada vez mais necessário quando pensamos nas populações que habitam nas zonas rurais, por estes

constituírem alvo importante, por ser onde se contabiliza o maior número de ocorrência de casos de morte e destruição de infra-estruturas por causa das descargas atmosféricas (López and Holle et.al. 1998), (Jandrell et. al. 1998)

O estudo terá uma componente de engenharia muito importante na medida em que pretende se analisar soluções adequadas para minimizar os efeitos das descargas atmosféricas em seres humanos e infra-estruturas. Na região de África Austral ainda acontece no século 21th, a construção de edifícios habitacionais, comerciais e industriais nas cidades e em zonas rurais sem obedecer as normas e regras recomendadas por organizações internacionais de segurança, a ser assim, estes edifícios não oferecerão a mínima segurança contra descargas atmosféricas dos que vivem e neles trabalham. Este facto agrava-se ainda mais quando se trata das populações desfavorecidas que vive nas zonas rurais em casas de construção precária e coberta de capim que facilmente em caso de queda de um raio pode de imediato haver ignição do fogo.

Outras componentes a serem considerados neste estudo é a densidade e a frequência de raios atmosféricos que caem nos países da região. A revisão bibliográfica analisada por proponentes deste estudo verificou com maior consistência que apenas a África do Sul apresenta os dados do nível ceráunico por regiões o que possibilita a compreensão do risco de exposição a raios atmosféricos. Para se alcançar os objectivos desejados no estudo proposto, a recolha de dados do nível ceráunico será elemento fundamental. Para obtenção de dados relativa ao nível ceráunico é necessário o uso de equipamento apropriado para registos de raios que caem por ano. Por causa do pouco tempo necessário para apresentação desta comunicação em conferência, vão ser usados dados estimativos obtidos a partir dos estudos já desenvolvidos e para o caso de estudo em Moçambique, os dados estimativos serão recolhidos nos serviços de meteorológicas e instituto de gestão das calamidades naturais. Como o estudo está orientado para obtenção do grau de doutoramento. O processo da recolha de dados através de equipamento de registo de dados do nível ceráunico será usado para obter resultados realísticos para fazer estimativa de riscos e desenhar medidas apropriadas para minimizar ou mitigar os efeitos de descargas atmosféricas nos seres humanos e nas infra-estruturas socioeconómicos.

REFERÊNCIAS

- [1]-Holle, R.L, 2008: Lightning-caused deaths and injuries in the vicinity of vehicles. 3rd Conf. On Meteorological Applications of Lightning Data, New Orleans, LA, Amer. Meteor. Soc., 10 pp.
- [2]-R.E. López, 2003: A comparison of current lightning death rates in the U.S. with other locations and times. Intl. Conf. on Lightning and Static Electricity, Blackpool, England, Royal Aeronautical Soc., paper 103-34 KMS, 7 pp.
- [3]-López, J., Pérez, E., Herrera, J., Aranguren, D., Porras, L. (2012) 'Thunderstorm warning alarms using electric field mills and lightning location networks in mountainous regions', 2012 International Conference on Lightning Protection (ICLP), Vienna, Austria.
- [4]-Jandrell, I.R., Blumenthal, R., Anderson, R.B. and Trengove, E. (2009) 'Recent Lightning Research in South Africa with a Special Focus on Keraunopathology', Proceedings of the 16th International Symposium on High Voltage Engineering pp 24 - 28.

PROCEEDINGS CLME2017 / V CEM

**8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia
V Congresso de Engenharia de Moçambique
Maputo (Moçambique), 4-8 Setembro 2017**

SIMPÓSIO-15

Energias Não Associadas a Combustíveis Fósseis

Coordenador

Maria Rosa Duque^(*)

Departamento Física da Universidade de Évora
Évora, Portugal

^(*)Editores Associados para os artigos deste Simpósio

ARTIGO REF: 6607

OPTIMIZAÇÃO ESTÁTICA E MODELAÇÃO DINÂMICA DA PRODUÇÃO DE MICROALGAS EM FOTOBIOREACTORES

João Thurler^{1,2}, Diana Fonseca², Edgar T. Santos², Luís Costa², Pedro J. Coelho^{1(*)}

¹IDMEC, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

²A4F- Algae for Future, Lisboa, Portugal

(*)Email: pedro.coelho@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

As microalgas têm diversas aplicações que justificam a necessidade de incrementar e otimizar a sua produção, de tal forma que este trabalho propõe uma metodologia para tal finalidade. Estudaram-se os parâmetros operacionais que influenciam o crescimento da cultura (turbulência, concentração da cultura, uso de arejamento) e o projecto de fotobiorreactores tubulares e de painéis verticais. Posteriormente, aplicou-se um modelo adaptado da literatura para estimar o crescimento da cultura de *Nannochloropsis oceanica* cultivada em fotobiorreactores à escala piloto. Através da optimização estática, concluiu-se que para fotobiorreactores tubulares, com tubos horizontais, localizados numa latitude de 38°42'49.72"N (Lisboa, Portugal), a distância óptima entre tubos é 1.25 vezes o diâmetro na direcção horizontal e 1.75 vezes o diâmetro na direcção vertical. Para a mesma latitude, no caso de fotobiorreactores de painéis verticais, a redução em 32% da distância entre fotobiorreactores consecutivos permite aumentar em 50% a utilização da radiação solar quando comparada com a configuração proposta no projecto inicial da unidade. O modelo dinâmico, por sua vez, estimou o crescimento da biomassa com erros inferiores a 15% para uma metodologia de cultivo em turbidostato.

INTRODUÇÃO

O consumo total de energia cresceu nos últimos anos em todo o mundo. De acordo com o estudo publicado pela Agência Internacional de Energia (IEA - *International Energy Agency*) em 2015, o consumo de energia final aumentou 25% entre 2003 e 2013, sendo que esse mesmo crescimento foi observado no sector dos transportes. Entretanto, nesse mesmo período a produção de combustíveis derivados do petróleo (gasolina, gasóleo, gás natural, etc.) cresceu somente 13%, um indicativo de que, se tal padrão se mantiver, novas fontes energéticas deverão ser desenvolvidas com o intuito de satisfazer a procura a médio prazo [International Energy Agency, 2015].

Também na década entre 2003 e 2013, a concentração de CO₂ na atmosfera cresceu aproximadamente 30%. Essa variação é presumivelmente responsável pelo aumento da temperatura média da Terra devido à intensificação do efeito de estufa. De facto, a temperatura terrestre média aumentou 0.8°C entre 1880 e 2012, sendo que dois terços desse crescimento se deu a partir de 1975 [IPCC, 2007]. Deste panorama ressalta a necessidade da contabilização dos efeitos ambientais no desenvolvimento de novas tecnologias energéticas para satisfazer a crescente procura [International Energy Agency, 2015].

Este contexto ambiental e económico justifica a utilização de microalgas para a produção de biocombustíveis. A produção de microalgas resulta do processo de fotossíntese, um conjunto

de reacções bioquímicas que requerem uma fonte de carbono (CO₂) e energia luminosa para a produção de matéria orgânica e oxigénio [Tredici, 2010]. O processo é sustentável por ter como *input* recursos abundantes e facilmente obtidos – o dióxido de carbono e a luz solar, apesar de também ocorrer sob fontes artificiais de energia [Sandnes *et al.*, 2005]. A matéria orgânica resultante mantém o metabolismo das células, as quais sob diferentes condições podem ainda produzir lípidos (os quais podem ser retirados do meio intracelular e pós-processados para a obtenção de biocombustíveis) ou outros elementos de valor agregado (como lípidos, proteínas, pigmentos, etc.).

Além disso, no contexto da produção comercial de biocombustíveis, a produção de microalgas não compete com a indústria alimentar. Isso diferencia-a do uso da agricultura tradicional, a qual emprega maioritariamente cana-de-açúcar e milho para a produção do bioetanol. Existe, assim, uma competição entre dois sectores (alimentos e energia) pela mesma matéria-prima, o que é agravado pelo futuro crescimento da procura estimado para ambos [FAO, 2009]. Para além disso, a produção de microalgas permite uma maior produtividade areal (aumento de biomassa por dia e por área produtiva), pode ser realizada em regiões não aráveis por não necessitar de nutrientes no solo e possui uma maior flexibilidade metabólica, o que permite a utilização de melhoramento genético para maximizar a produção.

Contudo, para que a produção industrial de microalgas se torne uma realidade, o lucro associado à venda da biomassa produzida deve ser superior às despesas de capital e operacionais de todo o processo [Carvalho *et al.*, 2011], o que ainda não ocorreu devido ao pouco desenvolvimento tecnológico dos métodos de cultivo e processamento utilizados [Posten, 2009]. Quantitativamente, isso pode ser traduzido pela baixa eficiência na produção de microalgas. De facto, a comparação entre a energia requerida para o cultivo de microalgas em fotobiorreactores e o poder calorífico dos componentes finais produzidos indica uma eficiência máxima de 3% [Legrand, 2016], enquanto a eficiência máxima do processo de fotossíntese realizado pelas células é de 12.4% [Tredici, 2010].

Essa diferença sugere que as variáveis que afectam o processo de fotossíntese estão a limitar o crescimento da cultura de microalgas. Nomeadamente, tais variáveis são a iluminação disponível para as células e a temperatura da cultura, uma vez que outros parâmetros como nutrientes disponíveis no meio, pH e fontes de carbono para as células são mais facilmente controlados nos fotobiorreactores [Weissman *et al.*, 1988]. Factores biológicos, tais como a concentração de oxigénio produzido pela fotossíntese e dissolvido na cultura, e a presença de contaminantes que competem com as microalgas pelo mesmo meio, também devem ser considerados por afectarem directamente o crescimento da cultura [Raso e Van Genugten, 2012].

No presente trabalho são investigados os parâmetros que influenciam o crescimento da cultura de microalgas. A iluminação solar foi analisada com o objectivo de otimizar a sua utilização, tanto a nível do fotobiorreactor individual isolado como no contexto de uma unidade de produção industrial, na qual fotobiorreactores adjacentes fazem sombra uns aos outros e, como consequência, reduzem a iluminação disponível para as células. Essa metodologia foi denominada optimização estática, por idealmente se referir à fase de projecto.

Em seguida, os parâmetros operacionais que influenciam o crescimento da cultura foram analisados numa unidade de produção à escala piloto da A4F - Algae for Future. A microalga estudada foi a *Nannochloropsis oceanica*, cujo crescimento se deu num fotobiorreactor do tipo tubular, em Lisboa, nos meses de verão. A correlação entre esses parâmetros e o aumento da biomassa justifica a nomenclatura de análise dinâmica aqui utilizada, uma vez que, num contexto industrial de produção, os seus valores podem ser ajustados para otimizar o

crescimento em função das condições ambientais que o afectam, tais como a temperatura atmosférica e a radiação solar.

Por último, os dados obtidos do crescimento da *Nannochloropsis oceanica* foram utilizados para adaptar e validar um modelo matemático [Bernard e Rémond, 2012] que descreve a sua taxa de crescimento. Tal modelação permite a estimativa da produção de biomassa (variável dependente) associada aos recursos utilizados (variáveis independentes), de tal forma que a identificação dos custos associados a esses recursos seria o primeiro estágio de uma análise do ciclo de vida de todo o processo produtivo.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Radiação visível

A energia luminosa é o requisito energético para a realização das reacções de fotossíntese e, conseqüentemente, da produção industrial de microalgas em fotobiorreactores. Neste contexto, cada célula da cultura deve ficar exposta à iluminação durante um tempo suficiente para receber a quantidade necessária de fotões utilizados na fotossíntese [Tredici, 2010].

A cultura de microalgas no interior dos fotobiorreactores é um meio participativo no que diz respeito à radiação visível. À medida que os raios solares se propagam no seu interior, a sua intensidade é reduzida devido à absorção das células (as quais a utilizam na fotossíntese) e à dispersão (*scattering*). Isso significa que há um gradiente de iluminação no interior do fotobiorreactor, de tal modo que as células mais próximas da superfície estão mais expostas à luz [Csgör *et al.*, 2001]. De forma oposta, as mais distantes da superfície têm menos energia disponível para a realização da fotossíntese. Esse fenómeno é denominado auto-sombreamento e significa que, após uma certa profundidade, podem existir zonas no interior do fotobiorreactor que não estão expostas à iluminação, as quais são conhecidas como volumes escuros [Cornet *et al.*, 1992].

A quantidade de energia luminosa disponível no interior da cultura é descrita pela equação da transferência de energia radiativa (RTE - *radiative transfer equation*) [Modest, 2013]:

$$\frac{dI_\lambda}{ds} = -\kappa_\lambda I_\lambda + \kappa_\lambda I_{b\lambda} - \sigma_{s\lambda} I_\lambda + \frac{\sigma_{s\lambda}}{4\pi} \int_0^{4\pi} I_\lambda(\vec{s}_l) \Phi_\lambda(\vec{s}_l, \vec{s}) d\Omega_l \quad (1)$$

Esta equação descreve a variação da intensidade de radiação espectral (I_λ) ao longo de uma dada direcção (\vec{s}). O primeiro e o terceiro termos do lado direito da equação representam a redução da intensidade de radiação devido aos fenómenos de absorção e de dispersão dos fotões para direcções diferentes de \vec{s} (*outscattering*), respectivamente. O segundo e o quarto termos correspondem ao aumento da intensidade de radiação causado pela emissão e pela dispersão dos fotões que se propagam em direcções \vec{s}_l para a direcção \vec{s} considerada (*inscattering*). O coeficiente de absorção espectral (κ_λ) e o coeficiente de dispersão espectral ($\sigma_{s\lambda}$) representam o inverso da distância média percorrida pelos fotões antes de serem absorvidos e dispersos, respectivamente. Por último, $\Phi_\lambda(\vec{s}_l, \vec{s})$ é a função de fase que fisicamente quantifica a probabilidade de um fotão de comprimento de onda λ que se propaga na direcção \vec{s}_l ser disperso para a direcção \vec{s} .

No contexto de produção de microalgas em fotobiorreactores sujeitos à radiação solar como fonte de energia, a solução da equação (1) é geralmente muito complexa para ser utilizada [Pilon *et al.*, 2011]. Primeiro, a intensidade de radiação inicial é dependente de um grande conjunto de parâmetros, tais como o tempo, localização, orientação do fotobiorreactor e

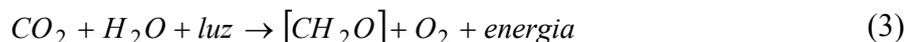
comprimento de onda. Segundo, a cultura de microalgas é dinâmica, o que significa que as suas propriedades ópticas variam com a quantidade de pigmentos no interior das células, a qual, por sua vez, é dependente da radiação disponível, da temperatura, da quantidade de nutrientes e carbono disponíveis, da movimentação da cultura, etc. [Gitelson *et al.*, 2000]. Dessa forma, com o objectivo de simplificar o cálculo da radiação disponível para o crescimento da cultura, é frequentemente utilizada a lei de Lambert-Beer:

$$I(z) = I_0 \exp(-K_a z m_s) \quad (2)$$

Esta equação é uma aproximação que resulta de assumir que a luz é monocromática, a emissão e a dispersão são desprezáveis em relação à absorção e a direcção de propagação dos fótons não varia (índice de refração do meio uniforme). De acordo com esta equação, a intensidade de radiação visível num determinado ponto no interior do fotobiorreactor, a uma distância z da superfície, depende da intensidade da radiação incidente na superfície do fotobiorreactor (I_0), do peso seco (ou concentração de biomassa em g/L) da cultura (m_s) e de uma constante de atenuação que descreve a interacção entre a microalga e a radiação visível (K_a) [Fernández *et al.*, 1997]. Apesar de simplificado face à complexidade da situação real, há evidências que suportam a utilização do modelo descrito para concentrações de biomassa inferiores a 3 g/L [Huesemann *et al.*, 2013].

Fotossíntese

As microalgas são seres unicelulares que utilizam a energia solar para manter o seu metabolismo através do processo da fotossíntese e da respiração celular [Tredici, 2010]. O primeiro utiliza uma fonte de carbono inorgânico (geralmente CO_2), água e energia luminosa para a produção de matéria orgânica ($[CH_2O]$), oxigénio e energia, a qual pode ser aproveitada pelas células ou perdida sob a forma de calor:



A respiração celular é o processo inverso, o qual é utilizado pelas células na ausência de uma fonte luminosa e, portanto, utiliza matéria orgânica, dióxido de carbono e água para a produção de energia [Tredici, 2010].

Dois fenómenos inerentes à fisiologia dos organismos fotossintetizantes são relevantes para a proposta de uma metodologia de optimização de produção de microalgas. Primeiro, o processo da fotossíntese tem o seu início nos pigmentos presentes no meio intracelular, os quais são moléculas cujos electrões são excitados em função do comprimento de onda da radiação incidente [Carvalho *et al.*, 2011]. No espectro electromagnético, por exemplo, a banda em que esse fenómeno ocorre é denominada PAR (*photosynthetically active radiation*) e coincide com a banda da luz visível (entre 300 nm e 700 nm), a que corresponde aproximadamente 45% da radiação solar [Tredici, 2010]. Contudo, os pigmentos possuem um limite definido de absorção da radiação. As clorofilas, por exemplo, são o grupo de pigmentos mais comum nos seres fotossintetizantes e são as responsáveis pela coloração verde, por não absorverem radiação nos comprimentos de onda correspondentes a essa cor. De facto, a sua absorção ocorre nas bandas entre 450 e 475 nm (interface vermelho e laranja) e entre 630 e 675 nm (interface azul e violeta) [Carvalho *et al.*, 2011]. Como tanto a quantidade de energia necessária para a fotossíntese quanto o limite de absorção dos pigmentos são fixos, as células são capazes de se fotoadaptar, isto é, produzir a quantidade necessária de pigmentos para absorver a quantidade necessária de radiação em função da intensidade de radiação disponível no meio [Simionato *et al.*, 2011].

Em segundo lugar, a fotossíntese compreende um conjunto de reacções que pode ser dividida entre as fases fotoquímica (clara) e química (escura), em que a primeira depende da luz e a segunda não. Isto significa que a célula não precisa de estar exposta à iluminação durante todo o processo. Para além disso, cada reacção tem uma cinética característica e, como consequência, requer um certo tempo para que ocorra. Logo, as células devem ser expostas à radiação solar durante tempo suficiente para que as reacções da fase fotoquímica ocorram, mas após isso o processo pode ocorrer sem a presença da luz [Molina *et al.*, 2001]. Tal facto sugere que, no contexto da produção de biomassa em fotobiorreactores, o gradiente de iluminação no interior da cultura não precisa limitar o seu crescimento, desde que a turbulência existente garanta que as células fiquem próximas da superfície durante o tempo suficiente para absorver os fotões. Essa movimentação radial das células, a qual as translada entre zonas mais e menos expostas à radiação luminosa, é denominada de ciclos de claro-escuro [Molina *et al.*, 2001].

Crescimento da cultura de microalgas

A Figura 1 representa as fases de vida da cultura de microalgas, a qual é modelada de forma semelhante ao crescimento de uma cultura bacteriana [Becker, 1994]. O seu crescimento é medido através da concentração celular (número de células por unidade de volume), que varia de modo exponencial quando a cultura cresce sem nada a limitá-la.

A fase inicial do crescimento da cultura, indicada por 1 na Figura 1, corresponde à fase de latência (*lag phase*). Nessa fase a cultura está muito diluída, de tal forma que a intensidade luminosa pode ser excessiva para as células e acaba por oxidar componentes intracelulares e reduzir o seu crescimento, fenómeno conhecido como fotoinibição [Tredici, 2010]. De facto, à medida que a concentração celular aumenta e as células se adaptam através da produção de pigmentos, a radiação é atenuada e, portanto, a quantidade de energia radiativa disponível por célula reduz-se. Atinge-se, portanto, uma situação na qual a intensidade luminosa não é suficientemente grande para inibir a cultura, nem suficientemente pequena para limitar o seu crescimento. Nesse estágio, a cultura cresce exponencialmente através da divisão celular, o

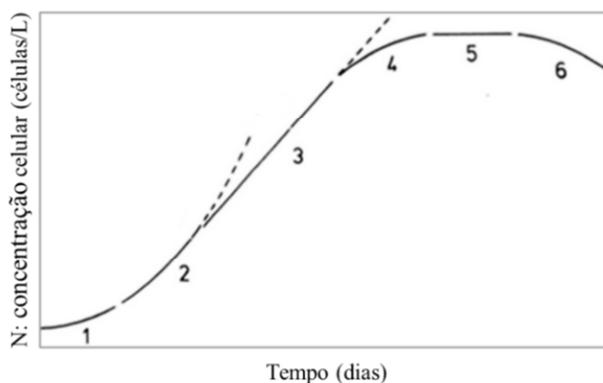


Fig. 1 - Fases de crescimento da cultura, nomeadamente: fase de latência (1), fase exponencial (2-3), fase estacionária (4-5) e morte da cultura (6)

que é representado pelas fases 2 (crescimento acelerado) e 3 (crescimento exponencial) na Figura 1 [Becker, 1994].

Para uma mesma intensidade luminosa, a quantidade de energia disponível por célula é inversamente proporcional à concentração da cultura. Sendo assim, a cultura pode atingir estágios em que a iluminação deixa de ser suficiente para todas as células e, como

consequência, o crescimento da cultura abranda. A sua redução pode inclusivamente atingir níveis nos quais a taxa de crescimento é igual à taxa de morte celular e, portanto, a variação do número de células é nula. Tais situações são indicadas pelas fases 4 (fase de crescimento decrescente) e 5 (fase estacionária) na Figura 1. Quando a taxa de mortalidade ultrapassa a de crescimento, a cultura entra em fase de morte (número 6) [Becker, 1994].

É importante ressaltar que a redução da taxa de crescimento da cultura não é somente função do aumento da sua concentração e consequente redução da intensidade luminosa por célula, mas também pode ter como causa o surgimento de outros microrganismos que competem com as microalgas pelo mesmo meio, a redução da quantidade de nutrientes disponíveis para todas as células, a acumulação de oxigénio resultante da fotossíntese no meio intercelular, etc. [Carvalho *et al.*, 2006].

Fotobiorreactores

A produção industrial de microalgas dá-se em fotobiorreactores, que consistem em reactores de diferentes configurações nos quais a cultura de microalgas circula enquanto é exposta à luz (natural ou artificial). Os fotobiorreactores podem classificar-se em abertos (e.g., lagoa – *raceways*) e fechados (e.g., painéis - *green walls*, tubulares, colunas, etc.) [Wolf *et al.*, 2016]. Em todos há uma tentativa de se controlar os parâmetros que afectam o crescimento da cultura, apesar das suas respectivas características apresentarem limitações para tal.

Normalmente, os fotobiorreactores fechados são mais complexos e caros, ao mesmo tempo que permitem um maior controlo das condições em que as microalgas são cultivadas, em especial um maior controlo da presença de contaminantes. Em contraste, os fotobiorreactores abertos mantêm a cultura em contacto directo com a atmosfera, o que não impede a proliferação de contaminantes no seu interior. Esse facto, por exemplo, limita a escolha da microalga a ser produzida, pois ela deve ser suficientemente resistente para competir com outros micro-organismos pelos recursos no meio de cultivo [Carvalho *et al.*, 2006].

Os fotobiorreactores abertos, contudo, têm as vantagens de serem mais baratos e de realizarem as trocas gasosas com a atmosfera, para além de possuírem uma incipiente regulação de temperatura através da evaporação. De facto, os reactores fechados necessitam de sistemas de desgaseificação para garantir que o oxigénio produzido na fotossíntese não se acumula no meio, podendo atingir níveis nocivos à cultura, bem como de sistemas de termorregulação para manter as microalgas na gama óptima de temperatura de crescimento [Carvalho *et al.*, 2006].

Ambos os tipos de fotobiorreactores devem maximizar a incidência luminosa na cultura, pois é comumente esse o parâmetro limitativo do seu crescimento, e também de mais difícil controlo quando comparado com os demais. Para além disso, sistemas de aquecimento e arrefecimento, de injeção de CO₂ (tanto para controlo de pH quanto para disponibilização de uma fonte de carbono para a fotossíntese) e de adição de nutrientes são utilizados para garantir condições não limitativas para o crescimento das células.

Nannochloropsis oceanica

A microalga utilizada no presente estudo foi a espécie *Nannochloropsis oceanica*, uma espécie de microalga verde, eucarionte e presente em *habitats* de água salgada [Suda, 2002]. Usualmente, essa espécie é utilizada como fonte de alimento na indústria de aquacultura, devido à sua elevada concentração de ácidos gordos poli-insaturados, em especial o ácido eicosapentaenóico [Sandnes *et al.*, 2005]. Este é um dos ácidos gordos classificados como

ómega-3, com grande importância na saúde humana pela sua acção no combate às doenças cardíacas associadas à elevada concentração de triglicéridos no sangue, ao aumento da pressão sanguínea e ao risco de inflamações [Swanson *et al.*, 2012]. Para além disso, os lípidos presentes no interior das células podem ser extraídos e processados para a produção de biodiesel.

Modelação da taxa de crescimento

Inúmeros estudos têm tentado modelar a taxa de crescimento da cultura de microalgas, com o objectivo de identificar os parâmetros que a afectam e a optimizam [Béchet *et al.*, 2013]. Em função das condições de operação em que os ensaios experimentais são conduzidos, os modelos apresentam um número limitado de variáveis independentes, correspondente ao mínimo necessário para estimar a taxa de crescimento de forma rápida e simples, sem comprometer a precisão do resultado final.

Costuma-se assumir que a iluminação e a temperatura são os únicos parâmetros limitativos do crescimento da cultura, já que os restantes são mais facilmente controlados no contexto da produção de microalgas em fotobiorreactores [Weissman *et al.*, 1988]. Esses dois parâmetros são abordados de forma diferente, apesar de serem acoplados na situação real de produção [Béchet *et al.*, 2013]. Contudo, tal abordagem possui uma complexidade matemática inerente, a qual não justifica o seu emprego na presente metodologia. Sendo assim, a energia luminosa disponível para a cultura pode ser considerada como a incidente na superfície do fotobiorreactor, a disponível para cada volume de controlo no interior da cultura (em função da atenuação sofrida quando a luz atravessa a cultura) ou como a disponível para cada célula, o que inclui não só a atenuação da radiação, mas também a turbulência do escoamento, considerando a movimentação celular para estimar os ciclos de claro-escuro [Béchet *et al.*, 2013].

METODOLOGIA

A metodologia utilizada para a optimização do cultivo de microalgas à escala piloto e industrial foi dividida em duas abordagens complementares. A primeira abordagem proposta pelo trabalho, denominada optimização estática, baseou-se em geometrias de fotobiorreactores comumente utilizadas na indústria (tubulares e painéis verticais) para estimar a quantidade de radiação incidente na sua superfície e perdida no solo, em função das características desses sistemas. No caso de fotobiorreactores tubulares, a energia luminosa perdida resulta da passagem de luz entre tubos vizinhos e incidente no solo, enquanto nos fotobiorreactores de painéis verticais (GW - *green walls*) a energia perdida corresponde à incidente no solo compreendido entre dois fotobiorreactores adjacentes.

A segunda abordagem proposta é fundamentada numa futura optimização dinâmica, a qual identificaria os valores óptimos dos parâmetros operacionais em função da sua influência no crescimento da cultura e no custo energético associado. Idealmente, o crescimento da cultura seria descrito por um conjunto de equações matemáticas com parâmetros sujeitos a restrições, cuja optimização resultaria em valores óptimos de factores tais como a velocidade de escoamento da cultura, o caudal de arejamento, o tempo de cultivo, etc. Porém, no contexto deste trabalho, a metodologia limita-se a identificar a influência de alguns parâmetros operacionais no crescimento da cultura e a adaptar à escala piloto um modelo já proposto na literatura para a *Nannochloropsis oceanica* produzida à escala piloto, sob iluminação constante [Bernard e Rémond, 2012].

Radiação solar incidente num fotobiorreactor

O *software* Ecotect foi utilizado com o objectivo de se calcular a quantidade de radiação solar incidente na superfície dos fotobiorreactores considerados. Desenvolvido pela Autodesk para a simulação do conforto ambiental de edifícios, o *software* permite a integração de uma geometria específica pré-definida com uma dada localização geográfica, de tal forma que emprega métodos computacionais para o cálculo da radiação directa em função da posição solar, bem como dados meteorológicos para a estimativa da parcela difusa.

O Ecotect foi, inicialmente, utilizado para o cálculo da radiação solar incidente na superfície dos fotobiorreactores de geometria tubular e da radiação perdida em função da distância entre tubos paralelos vizinhos (tanto na vertical como na horizontal), orientados na direcção Este-Oeste e localizados em Lisboa. A Figura 2 representa a geometria utilizada na simulação. Optou-se por calcular a radiação incidente no troço central do fotobiorreactor tubular para considerar de forma completa o sombreamento feito entre as colunas de tubos. Em cada instante, a intensidade de radiação solar incidente nos tubos varia ao longo da sua superfície e também de tubo para tubo, devido ao efeito de sombra que os tubos provocam entre si. A energia total recebida pelos tubos, por unidade de comprimento, num intervalo de tempo t , é dada pela seguinte equação:

$$E'_{inc} = \sum_{n=1}^{n_t} \int_0^t \int_0^{2\pi} q''_{inc}(\theta, t, n) \frac{D}{2} d\theta dt \quad (4)$$

em que D é o diâmetro exterior dos tubos, n_t o número total de tubos e q''_{inc} o fluxo radiativo na superfície dos tubos que, para um dado ponto na superfície de um tubo, é igual à intensidade de radiação solar projectada na direcção normal à superfície nesse ponto. Assim, q''_{inc} é integrado ao longo da superfície de cada tubo do fotobiorreactor e ao longo do tempo. O intervalo de tempo considerado foi um ano, de modo a ter em conta a variação da intensidade de radiação solar ao longo do ano.

De forma análoga, calculou-se a radiação solar que atravessa os tubos do fotobiorreactor sem incidir em nenhum deles e que, portanto, atinge o solo. Essa energia perdida é função da distância entre os tubos. A energia perdida por unidade de área e de tempo, representada por $q''_{perdida}$, é quantificada através da radiação solar incidente no plano atrás do fotobiorreactor tubular, tal como indicado na Figura 2. A energia total perdida, por unidade de comprimento, num intervalo de tempo t , é dada pela seguinte equação:

$$E'_{perdida} = \iint_{A_{plano}} q''_{perdida}(A, t, n) dA dt \quad (5)$$

Esta energia não é aproveitada pela cultura de microalgas que circula no fotobiorreactor, pelo que é desejável determinar o valor do espaçamento entre os tubos que a minimiza.

Para maximizar a energia total recebida pelos tubos durante um ano e minimizar a perda no solo, as distâncias horizontais (D_h) e verticais (D_v) entre os eixos de tubos adjacentes foram variadas de forma sistemática, conforme discutido na secção seguinte.

No caso de fotobiorreactores de painéis verticais, esquematizados na Figura 3, a energia solar perdida no solo é devida à distância entre dois fotobiorreactores adjacentes. Mais uma vez, a quantidade de energia incidente na superfície dos fotobiorreactores deve ser maximizada. Na

situação ideal, de máxima eficiência, a área da sombra do fotobiorreactor a montante coincide com a área do solo entre os dois painéis, de tal modo que não há energia solar incidente na região entre os dois fotobiorreactores adjacentes, nem sombra provocada pelo primeiro no segundo. De facto, nessa situação, toda a energia solar incidente na unidade de produção seria utilizada pela cultura de microalgas. É por esse motivo que a radiação solar perdida é denominada disponível, pois ela não é utilizada pelas células no processo de fotossíntese, mas está disponível na unidade de produção.

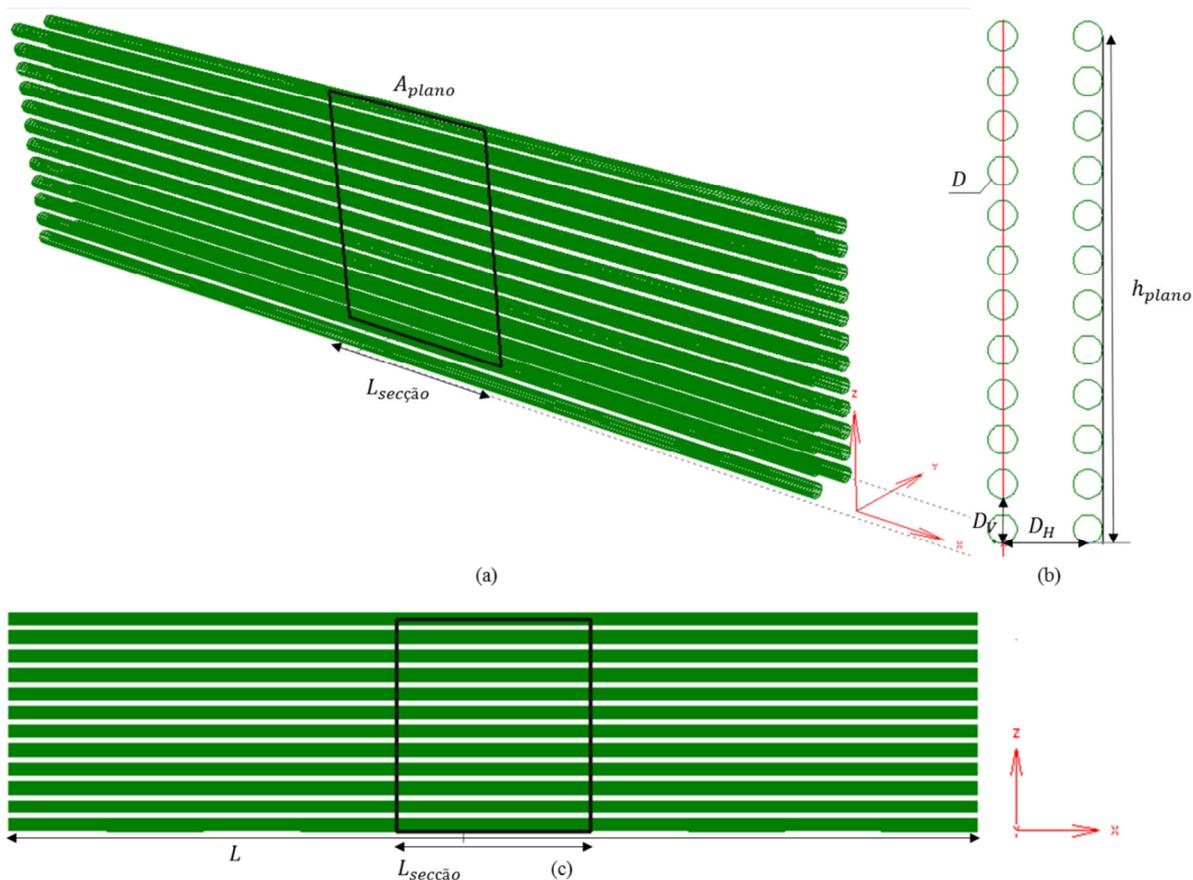


Fig. 2 - Geometria tubular simulada no Ecotect

Contudo, a situação em que a sombra do fotobiorreactor coincide com a área do solo entre dois painéis adjacentes não corresponde à realidade, pois a área da sombra varia ao longo do dia e do ano, enquanto a distância entre os dois fotobiorreactores (D_{GW}) é uma constante de projecto.

A energia total recebida pelos fotobiorreactores, num intervalo de tempo t , é dada pela seguinte equação:

$$E_{inc} = \sum_{n=1}^{n_f} \int_0^t \int_{A_f} q''_{inc}(t, n) dA_f dt \quad (6)$$

em que A_f é a área da superfície dos n_f fotobiorreactores. O intervalo de tempo considerado na equação 6 é, novamente, de um ano.

A distância óptima entre fotobiorreactores é a distância que maximiza a energia total por eles recebida durante um ano e minimiza a incidente no solo, por unidade de área de implantação. Esta área é definida pelo produto entre a largura dos painéis e a distância entre eles. De modo a determinar o valor óptimo, as sombras dos fotobiorreactores foram calculadas em função da geometria dos painéis e da posição do Sol ao longo de todo o ano, tendo em conta a radiação solar em Lisboa durante esse período de tempo. Em cada instante, a energia incidente no fotobiorreactor (E_{GW}) é igual ao produto da componente horizontal da intensidade de radiação solar pela área frontal dos painéis ou, de modo equivalente, pelo produto da componente vertical da intensidade de radiação solar pela área da sombra. Por sua vez, a energia disponível (E_{disp}), mas não aproveitada, é igual ao produto da referida componente vertical pela área iluminada entre dois fotobiorreactores (área de implantação menos a área de sombra).

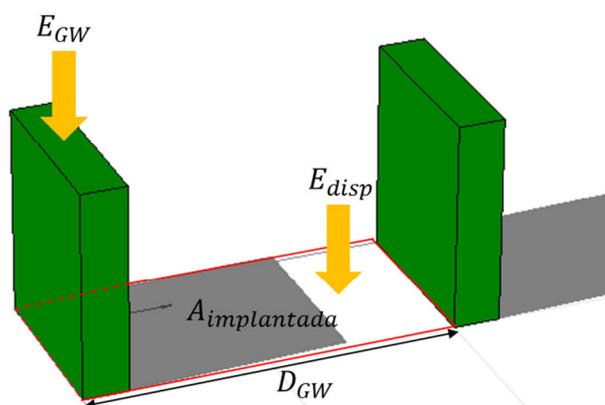


Fig. 3 - Otimização estática aplicada a uma unidade de produção de fotobiorreactores do tipo painéis verticais

Métodos de laboratório e cultivo à escala piloto

A microalga *Nannochloropsis oceanica* foi cultivada à escala piloto num fotobiorreactor tubular com orientação Este-Oeste (i.e., a direcção axial dos tubos era paralela ao eixo Este-Oeste), dentro de uma estufa em Lisboa na empresa A4F. O fotobiorreactor é constituído por duas colunas de tubos horizontais e transparentes à radiação PAR, nos quais se escoia a cultura de microalgas, e de configuração análoga à representada na Figura 2. Durante o período de cultivo, foram adicionados nutrientes, controlado o pH através da injeção de CO_2 no meio e arrefecido o fotobiorreactor, para evitar que tais parâmetros limitassem o crescimento das microalgas.

O cultivo iniciou-se no dia 23 de Julho de 2016 e terminou no dia 15 de Setembro do mesmo ano. Ao longo deste período, foram utilizadas três frequências de rotação da bomba para impor diferentes velocidades de escoamento e intensidades de turbulência à cultura. Além disso, foram feitas sete colheitas ao longo do ensaio, nas quais a cultura foi processada por microfiltração. Os produtos resultantes deste processo são um líquido concentrado em microalgas (retentado) e o meio de cultivo filtrado (permeado). Este meio de cultivo, rico em nutrientes, é depois reciclado ao fotobiorreactor, resultando na redução do consumo global de água e nutrientes. Consequentemente, elementos presentes no meio e que não foram retirados no processo, tais como componentes químicos dissolvidos, restos celulares e pequenos contaminantes, podem retornar à cultura, caso a filtração não seja 100% eficiente. Assume-se, assim, que a médio prazo os processos de recirculação podem reduzir o crescimento da cultura.

O estado da cultura foi acompanhado diariamente com medidas de peso seco (gramas de biomassa por litro de cultura) e com observações microscópicas. Estas observações foram realizadas com o objectivo de garantir que a cultura não atingia a fase estacionária de crescimento e que os contaminantes na cultura, se existentes, não estavam a limitar o seu crescimento.

As medições diárias de peso seco foram utilizadas para calcular a produtividade volumétrica da cultura, o que corresponde ao aumento de biomassa por unidade de volume e por unidade de tempo, determinado do seguinte modo:

$$P_{vol} = \frac{m_{s,i+1} - m_{s,i}}{t_{i+1} - t_i} \quad (7)$$

em que os índices i e $i+1$ representam dois instantes consecutivos em que foi medido o peso seco. A produtividade volumétrica foi utilizada para caracterizar o crescimento da cultura sob diferentes regimes de cultivo, nomeadamente sob diferentes velocidades de escoamento, influência do arejamento no interior do fotobiorreactor e após sucessivas renovações. A irradiação solar de cada dia de cultivo foi também medida, de modo a correlacioná-la com a concentração da cultura e determinar a energia disponível por célula.

O valor médio da intensidade de radiação no interior do fotobiorreactor foi calculado com base na lei de Lambert-Beer, aplicada à geometria circular da secção transversal dos tubos:

$$I_{média} = \frac{1}{D} \int_0^D I(z) dz = \frac{1}{D} \int_0^D I_o \exp(-K_a z m_s) dz = \frac{I_o}{K_a D m_s} \times (1 - \exp(-K_a D m_s)) \quad (8)$$

em que I_o é a intensidade de radiação incidente e medida na superfície do fotobiorreactor. A constante de atenuação da cultura foi obtida experimentalmente através do declive da recta que relaciona o logaritmo da razão entre as intensidades de radiação, I/I_o , para todos os comprimentos de onda do espectro visível e o peso seco, tal como definido pela lei de Lambert-Beer [Thurler, 2016].

Modelação da taxa de crescimento da cultura

O modelo utilizado para o cálculo da taxa de crescimento em biomassa da cultura de *Nannochloropsis oceanica* foi uma adaptação de uma versão mais simples proposta na literatura, a qual foi desenvolvida à escala piloto sob iluminação constante [Bernard e Rémond, 2012]. Assim, as condições de cultivo da microalga eram estritamente controladas se comparadas com as condições de cultivo utilizadas no presente trabalho. Nomeadamente, o fotobiorreactor à escala piloto e sob irradiação solar apresenta um fotoperíodo descontínuo, ou seja, durante o dia há luz solar para a realização da fotossíntese, enquanto à noite as células das microalgas recorrem a respiração celular para a realização das suas actividades metabólicas, o que tem como consequência um consumo de biomassa produzida no período de luz [Edmundson e Huesemann, 2015].

O modelo tem dois dados de entrada: a temperatura e a energia radiativa, os quais são assumidos como desacoplados para simplificação dos cálculos [Béchet *et al.*, 2013]. A temperatura da cultura de microalgas foi medida continuamente e foi utilizado um permutador de calor para impedir que o seu valor ultrapassasse 30°C. A radiação, por sua vez, foi medida por um luxímetro instalado no tubo superior mais a sul (i.e., o tubo mais exposto à radiação solar em Lisboa). Entretanto, devido à orientação Este-Oeste do fotobiorreactor, o valor máximo da irradiação incidente no referido sensor não corresponde ao máximo incidente em todo o sistema, mas sim à radiação incidente somente naquela posição. De facto, a radiação na

superfície apresenta uma distribuição angular e tal variação foi obtida da simulação no Ecotect. Sendo assim, o valor da simulação correspondente à posição do luxímetro foi corrigido com o valor experimental, e conseqüentemente, todos os demais valores também o foram em conformidade.

No cálculo do valor da energia solar média disponível para a cultura crescer, optou-se por incluir as horas em que não havia iluminação no valor da radiação incidente na superfície do fotobiorreactor (parâmetro I_0). Isso significa que a irradiação média diária considera 24h e não somente as horas de luz. Esta abordagem é a mais simples para se considerar o complexo fenómeno de perda de biomassa durante a noite [Edmundson e Huesemann, 2015]. Além disso, o modelo adaptado utilizou a quantidade de radiação disponível por célula, tal como indicado na Equação 8. Para as outras constantes do modelo, específicas para a espécie de microalga cultivada, foram usados os valores propostos na literatura [Bernard e Rémond, 2012].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Optimização estática

A Tabela 1 indica a eficiência do fotobiorreactor tubular, com duas colunas de tubos horizontais, em função das distâncias entre os centros de tubos adjacentes, nas direcções horizontal e vertical, normalizadas pelo diâmetro exterior dos tubos. A eficiência é relativa à utilização da radiação pelas microalgas e é definida como o quociente entre a energia radiativa incidente nos tubos ao longo de um ano e a soma dessa energia radiativa com aquela que atravessa o fotobiorreactor através do espaço entre tubos, sem ser intersectada por estes, durante o mesmo período de tempo.

Os resultados obtidos mostram que a geometria mais eficiente, de acordo com o método utilizado, é aquela cujas distâncias entre eixos de tubos adjacentes, nas direcções horizontal e vertical, são iguais a $2.5 D$ e D , respectivamente. Contudo, a complexidade construtiva dessa configuração é elevada, pelo que a primeira linha e a primeira coluna de resultados da Tabela 1 não foram consideradas. Logo, a geometria óptima para a utilização da energia solar em Lisboa é aquela em que os tubos do fotobiorreactor satisfazem as relações: $D_h/D=1.75$ e $D_v/D=1.25$.

É importante ressaltar que a geometria óptima foi obtida de acordo com os critérios definidos pela metodologia adoptada, mas não corresponde necessariamente à melhor produtividade de microalgas à escala industrial. Isto porque fotobiorreactores tubulares com geometrias compactas, embora utilizem a radiação de forma mais eficiente, possuem um maior sombreamento entre tubos. Essa abordagem, contudo, não foi considerada neste trabalho.

No caso de fotobiorreactores de painéis verticais, considerou-se uma unidade de produção industrial com fotobiorreactores distanciados de 1 m ($D_{GW} = 1$ m, conforme indicado na Figura 3). A Tabela 2 mostra os resultados obtidos através da variação de D_{GW} e conseqüente variação do sombreamento feito entre dois painéis verticais. Verifica-se que, para a distância óptima, houve uma redução tanto da energia solar directa incidente na superfície dos fotobiorreactores como da área de implantação, ou seja, da distância entre os painéis. De facto, a configuração optimizada é mais compacta em relação à original e, portanto, a sombra causada por um painel no outro é maior. Contudo, e de acordo com a metodologia adoptada, a configuração óptima é aquela cujo *layout* maximiza a quantidade de energia solar directa recebida por unidade de área de implantação da unidade de produção. A Tabela 2 revela que, efectivamente, a radiação solar aproveitada aumenta aproximadamente 50% na configuração optimizada.

Mais uma vez, a optimização estática pode não resultar na melhor configuração para a produção de microalgas. Para uma unidade industrial, não só é relevante a análise da quantidade de energia necessária para a realização da fotossíntese e consequente crescimento da cultura, mas também o investimento em bens de capital para a construção da unidade. No caso optimizado, por exemplo, seria necessária uma maior quantidade de material para a mesma área de produção, o que requer um maior investimento inicial. Num contexto em que se torna necessário reduzir os custos de produção para tornar a indústria de biomassa de microalgas uma realidade, uma análise do ciclo de vida seria o próximo passo para definir o melhor cenário.

Tabela 1 - Eficiência dos fotobiorreatores tubulares analisados na utilização da radiação solar

D_v/D \ D_h/D	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50
1.00	0.9445	0.9553	0.9478	0.9314	0.8961	0.8669	0.8435
1.25	0.9648	0.9599	0.9511	0.9393	0.9126	0.8867	0.8637
1.50	0.9654	0.9609	0.9523	0.9397	0.9148	0.8895	0.8672
1.75	0.9656	0.9616	0.9497	0.9362	0.9110	0.8879	0.8663
2.00	0.9666	0.9615	0.9464	0.9315	0.9060	0.8839	0.8653
2.25	0.9670	0.9597	0.9412	0.9253	0.8984	0.8769	0.8621
2.50	0.9675	0.9595	0.9374	0.9198	0.8923	0.8694	0.8573

Tabela 2 - Resultado da optimização estática proposta para fotobiorreatores de painéis verticais

		$D_{GW} = 1m$	Optimizada
Energia solar directa incidente (kWh/ano)	Fotobiorreactor	725	597
	Área entre fotobiorreactores	266	82
Radiação solar aproveitada (kWh/m ² /ano)		368	555

Análise dinâmica

A Figura 4 ilustra o resultado do acompanhamento do crescimento da cultura (em produtividade volumétrica) ao longo do ensaio. As colunas a azul indicam o crescimento calculado para os períodos de cultivo abaixo especificados. Esses períodos são, no máximo, de uma semana, sendo a duração determinada por uma renovação da cultura ou pela mudança da frequência de rotação da bomba. Os dias em que tais procedimentos ocorreram não foram considerados no cálculo a fim de garantir que a cultura tem tempo suficiente para se adaptar às novas condições, tendo sido considerados os valores de peso seco nos dias imediatamente anterior e posterior. Para cada período, identificado no eixo horizontal pelas frequências relativas de rotação da bomba (e, para um deles, pela presença de arejamento no interior do

fotobiorreactor), também se calculou o valor médio da intensidade de radiação no interior do fotobiorreactor, de acordo com a Equação 8.

O ensaio iniciou-se em 23 de Junho de 2016 e foi mantido sob as mesmas condições operacionais até ao dia 5 de Julho. O fotobiorreactor não foi renovado e a movimentação da cultura foi efectuada com uma frequência de rotação da bomba mediana. Em média, a cultura cresceu aproximadamente 0.11 g/L por dia, até ao dia 28 de Junho, e recebeu 6.22 MJ PAR/m por dia na superfície do fotobiorreactor. Aplicando a Equação 8 com o valor médio do peso seco da cultura no período referido, obtém-se uma energia radiativa média atenuada e disponível para a cultura no interior do fotobiorreactor de 0.27 MJ PAR/m por dia. Após o dia 28 de Junho, os valores médios diários até ao dia 5 de Julho foram 0.15 g/L e 0,14 MJ PAR/m. Esta variação relativamente ao período anterior, sob as mesmas condições de operação, evidencia o comportamento da cultura, de acordo com a Figura 1. No início do cultivo (fase de latência) a quantidade de energia luminosa por célula era muito grande, provocando a fotoinibição. Isso significa que, possivelmente, a quantidade de células e de pigmentos no meio intracelular não era ainda adequada à radiação presente no interior do fotobiorreactor. À medida que a cultura se concentrou e se adaptou à radiação solar, a produtividade volumétrica foi superior, mesmo com uma menor quantidade de energia disponível por célula, o que corresponde ao segundo período da Figura 4, no qual o cultivo se deu sob a mesma frequência de rotação da bomba (e, conseqüentemente, sob a mesma velocidade de escoamento no interior dos tubos). Este resultado indica que, nesse período, as microalgas se encontravam na fase de crescimento exponencial, conforme indicado na Figura 1.

Se as condições de funcionamento fossem mantidas, esperar-se-ia que a cultura de microalgas atingisse o regime estacionário. Contudo, para impedir que isso ocorresse, o aumento da concentração de microalgas (e conseqüente redução da quantidade de energia disponível por célula) foi acompanhado do aumento da frequência de rotação da bomba. Dessa forma, no dia 6 de Julho, quando o peso seco da cultura era de 2.19 g/L, aumentou-se a frequência de rotação da bomba para o valor máximo. A velocidade do escoamento aumentou e, portanto, a turbulência no interior dos tubos também. É expectável que a maior turbulência confira às células uma maior movimentação no sentido radial da geometria cilíndrica dos tubos, evitando a limitação do crescimento devido à redução da quantidade de energia por célula [Molina *et al.*, 2001], desde que essa movimentação não seja prejudicial à estrutura celular. De facto, a terceira coluna da Figura 4 comprova que a maior turbulência garantiu a mesma produtividade volumétrica, mesmo com menor energia radiativa disponível.

A frequência de rotação da bomba foi mantida no valor máximo até ao dia 11 de Julho, tendo então sido novamente reduzida para o valor inicialmente utilizado. Neste período de operação não foi medida a irradiação solar, pelo que os resultados não foram incluídos na análise. Esta condição de funcionamento manteve-se até 21 de Julho, data em que a frequência de rotação da bomba foi reduzida para o seu valor mínimo. Entretanto, foram realizadas duas renovações com recirculação do meio, mas a análise limitou-se ao aspecto qualitativo do procedimento (i.e., não foram comparados de forma quantitativa os volumes renovados, recirculados e as suas possíveis influências na produtividade).

Dessa forma, a cultura cresceu até ao dia 4 de Agosto. Ao longo desse período foi observada uma acumulação de bolhas no interior dos tubos do fotobiorreactor, pois o tempo de residência das microalgas na zona fotossintética (i.e., zona do fotobiorreactor em que a cultura era exposta à radiação solar) era muito elevado. Nesta fase a velocidade do escoamento era

baixa e, nessas condições, o tempo de residência da cultura na zona fotossintética era o maior de todo o ensaio. Verificou-se, ainda, que a concentração de bolhas aumentava de montante para jusante e esta constatação foi uma prova de que as referidas bolhas eram de oxigénio produzido no processo de fotossíntese.

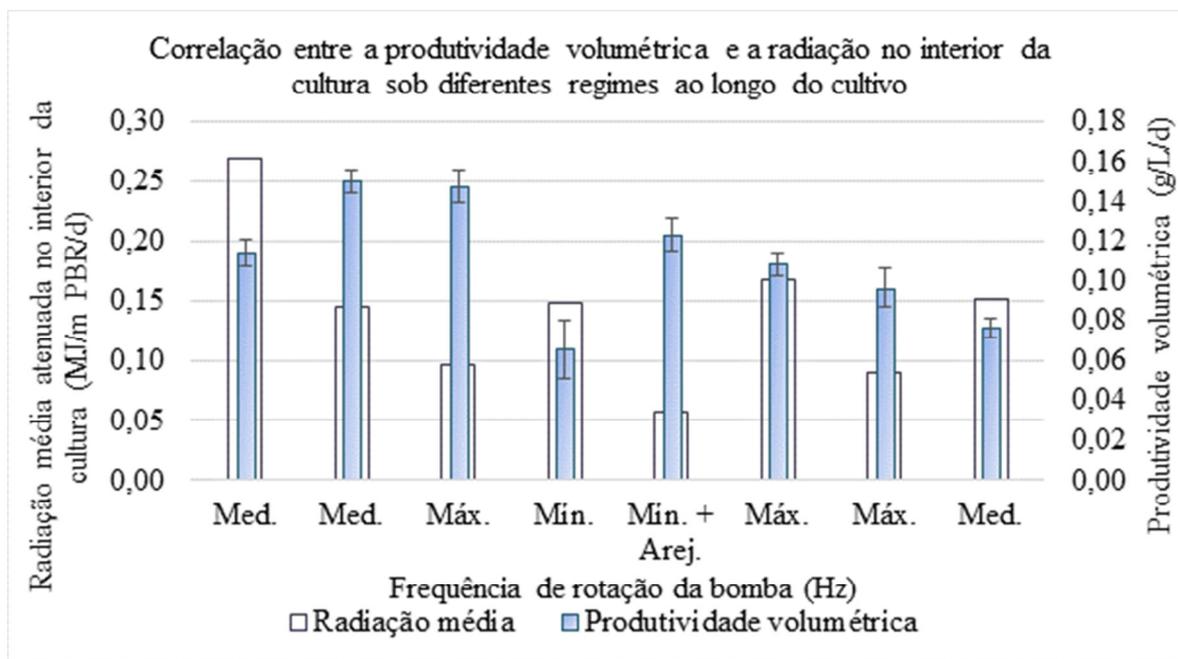


Fig. 4 - Análise dos parâmetros operacionais do cultivo de *N. oceanica* em um fotobiorreactor tubular em Lisboa

A concentração elevada de oxigénio é prejudicial ao crescimento da cultura, devido aos fenómenos de foto-oxidação dos componentes celulares e foto-respiração, a qual é realizada em detrimento da fotossíntese, para manter o metabolismo celular [Carvalho *et al.*, 2011]. Assim, no dia 1 de Agosto, ligou-se o arejamento no interior do tanque do fotobiorreactor para arrastar o oxigénio dissolvido no meio. Portanto, para a menor frequência de rotação da bomba empregada, há dois valores de produtividade volumétrica e de energia radiativa média atenuada nos tubos, os quais confirmam o efeito do arejamento no crescimento da cultura. De acordo com a Figura 4, a redução da energia radiativa disponível associada à introdução do arejamento, quando comparada com a situação sem arejamento e sob mesma velocidade de escoamento, não foi acompanhada da redução da produtividade volumétrica. Mais do que isso, o crescimento da cultura para a menor frequência com o arejamento ligado não foi muito inferior ao observado anteriormente para frequências mediana e máxima (com excepção da situação em que as microalgas estavam na fase de latência), o que sugere que a influência negativa do oxigénio dissolvido também pode estar presente com maiores velocidades de escoamento e menores tempos de residência.

Entre os dias 4 e 25 de Agosto não houve acompanhamento diário do crescimento da cultura. Contudo, realizaram-se quatro operações de renovação com recirculação do meio e, portanto, a análise iniciada no dia 25 de Agosto com a frequência de rotação da bomba máxima foi posterior a seis recirculações. Para evidenciar a sua influência na produtividade volumétrica,

as condições de operação com frequências de rotação mediana e máxima foram repetidas, tal como indicado nas últimas três colunas da Figura 4. De facto, as produtividades volumétricas foram inferiores (se comparadas com as respectivas condições de funcionamento no começo do ensaio), mesmo com maior quantidade de energia radiativa disponível, de acordo com a Equação 8. Além disso, tanto a redução da radiação disponível, para a mesma frequência de rotação da bomba, como a redução da velocidade do escoamento foram acompanhadas da redução da produtividade volumétrica.

Modelação do crescimento

A Figura 5 representa o crescimento da cultura de *Nannochloropsis oceanica* entre os dias 23 de Agosto e 15 de Setembro de 2016, o qual foi calculado através do modelo proposto em [Bernard e Rémond, 2012], adaptado com a radiação disponível por célula, a distribuição da radiação solar ao longo do fotobiorreactor tubular e a utilização do valor médio em 24h para calcular a perda de biomassa à noite. Os valores de peso seco e da radiação incidente são experimentais, tal como descrito na secção 3. Já o peso seco calculado, representada pela linha a verde claro na Figura 5, foi obtida através da Equação 9, a qual considera a taxa de crescimento diária calculada (μ) e o peso seco do dia anterior.

$$m_{s,i+1} = m_{s,i} \exp(\mu \Delta t) \quad (9)$$

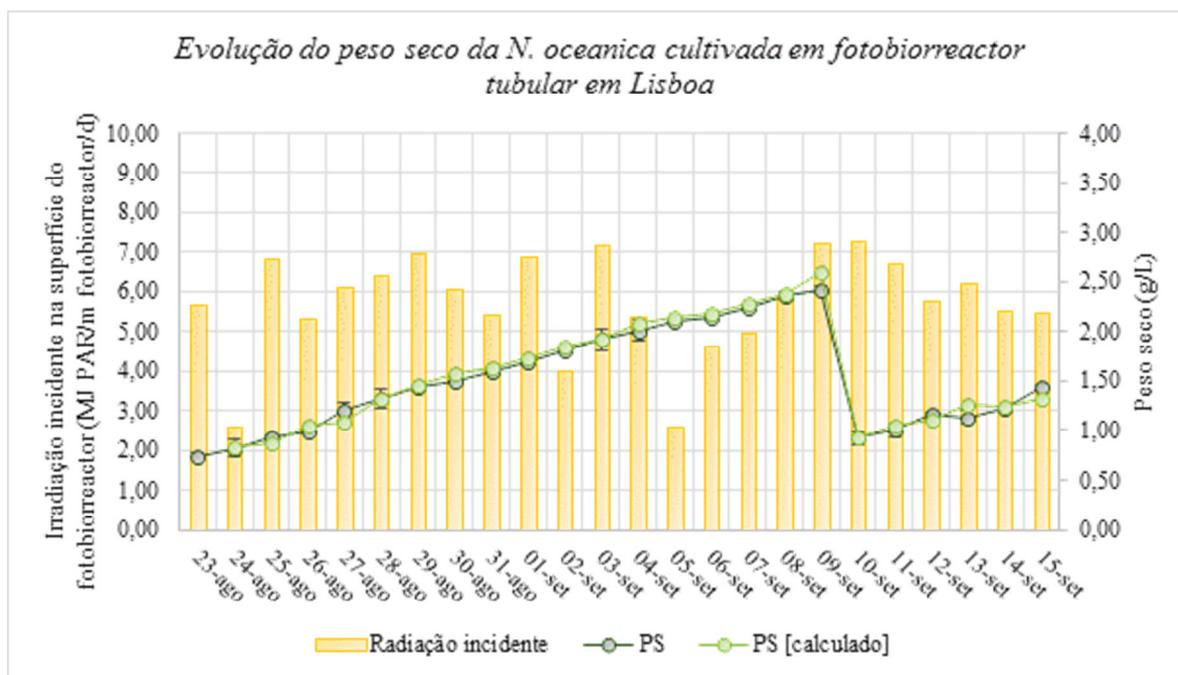


Fig. 5 - Crescimento calculado da cultura de *N. oceanica*

Ao longo de todo o ensaio, o maior erro obtido foi 15% (no dia 25 de Junho). Dos 52 dias analisados, os erros foram inferiores a 10% em 49 dias e inferiores a 5% em 37 dias. Estes resultados indicam que, apesar de factores importantes no crescimento da cultura não terem sido considerados na modelação matemática (ver secção 4.2), a adaptação de um modelo

presente na literatura às condições de cultivo conduziu a previsões do crescimento da *Nannochloropsis oceânica* com razoável precisão.

É importante mencionar que o modelo empregado utilizou o peso seco do dia anterior para prever valor do dia seguinte, pelo que o seu alcance e utilidade são limitados para prever o crescimento da cultura a médio e longo prazo.

Entretanto, para condições de cultivo em turbidostado, em que a cultura é colhida diariamente com o objectivo de mantê-la numa concentração celular constante, o modelo utilizado é suficiente para prever o crescimento e, portanto, planear com antecedência o volume a ser processado. Espera-se, entretanto, que trabalhos futuros introduzam no modelo mais parâmetros que influenciam o crescimento da cultura, permitindo previsões fidedignas a curto ou médio prazo.

CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objectivo aproximar a actual metodologia de produção de microalgas à realidade de produção à escala industrial. Para tal, foram propostas metodologias de projecto de fotobiorreactores tubulares e unidades de produção mais eficientes em relação à utilização da iluminação solar, comprovaram-se os impactos de determinados parâmetros operacionais no crescimento da cultura e adaptou-se um modelo matemático da literatura para prever a taxa de crescimento da cultura de *Nannochloropsis oceanica* em fotobiorreactores tubulares à escala piloto, para a latitude de Lisboa.

Dentro das limitações de cada abordagem, a metodologia proposta atendeu aos seus objectivos, fornecendo mais ferramentas de projecto, análise e gestão dos processos produtivos de microalgas, com o intuito de torná-la cada vez mais uma realidade. Contudo, todo o trabalho deve ainda ser refinado para que isso aconteça. Nomeadamente, uma análise dos custos de investimento e operacionais deve ser associada às análises e propostas resultantes, pois só é justificável a aplicação de determinada metodologia se a variação na biomassa produzida, e conseqüente lucro obtido através da sua venda, compensar.

No contexto do trabalho, por exemplo, não são justificáveis a utilização de uma unidade de produção mais compacta ou de uma maior frequência de rotação da bomba se os custos de material e de energia, respectivamente, forem superiores às melhorias conseguidas.

AGRADECIMENTOS

O trabalho do Professor Pedro Coelho foi financiado pela FCT, através da unidade de investigação IDMEC e laboratório associado LAETA, no âmbito do projecto UID/EMS/50022/2013.

REFERÊNCIAS

- [1]-Béchet, Q., Shilton, A., Guieysse, B., Modeling the effects of light and temperature on algae growth: State of the art and critical assessment for productivity prediction during outdoor cultivation, *Biotechnology Advances*, Vol. 31, pp. 1648-1663, 2013.
- [2]-Becker, E.W., *Microalgae: Biotechnology and Microbiology*. Cambridge University Press, 1994.
- [3]-Bernard, O., Rémond, B., Validation of a simple model accounting for light and temperature effect on microalgal growth, *Bioresource Technology*, Vol. 123, pp. 520-527, 2012.
- [4]-Carvalho, A.P., Meireles, L.A., Malcata, F.X., Microalgal reactors: a review of enclosed system designs and performances, *Biotechnology Progress*, Vol. 22, pp. 1490-1506, 2006.
- [5]-Carvalho, A.P., Silva, S.O., Baptista, J.M., Malcata, F.X., Light requirements in microalgal photobioreactors: an overview of biophotonic aspects, *Applied Microbiology Biotechnology*, Vol. 89, pp. 1275-1288, 2011.
- [6]-Cornet, J., Dussap, C., Dubertret, G., A structured model for simulation of cultures of the cyanobacterium *Spirulina platensis* in photobioreactors: I. Coupling between light transfer and growth kinetics, *Biotechnology*, Vol. 40, pp. 817-825, 1992.
- [7]-Csgör, Z., Herrenbauer, M., Schmidt, K., Posten, C., Light distribution in a novel photobioreactor - modelling and optimization, *Journal of Applied Phycology*, Vol. 13, pp. 325-333, 2001.
- [8]-Edmundson, S.J., Huesemann, M.H., The dark side of algae cultivation: Characterizing night biomass loss in three photosynthetic algae, *Chlorella sorokiniana*, *Nannochloropsis salina* and *Picochlorum* sp., *Algal Research*, Vol. 12, pp. 470-476, 2016.
- [9]-FAO, How to feed the World in 2050?, 2009 (disponível em <http://www.fao.org/wsfs/forum2050/wsfs-background-documents/hlef-issues-briefs/en/>, acesso em 15/10/2016).
- [10]-Fernández, G.G.A., Gamacho, F.G., Pérez, J.A.S., Sevilla, J.M.F., Grima, E.M., A model for light distribution and average solar irradiance inside outdoor tubular photobioreactors for the microalgal mass culture, *Biotechnology Bioengineering*, Vol. 55, pp. 701-714, 1997.
- [11]-Gitelson, A.A., Grits, Y.A., Etzion, D., Ning, Z., Richmond, A., Optical properties of *Nannochloropsis* sp and their application to remote estimation of cell mass, *Biotechnology Bioengineering*, Vol. 69, pp. 516-525, 2000.

[12]-Huesemann, M.H., Van Wagenen, J., Miller, T., Chavis, A., Hobbs, S., Crowe, B., A screening model to predict microalgae biomass growth in photobioreactors and raceway ponds, *Biotechnology Bioengineering*, Vol. 110, pp. 1583-1594, 2013.

[13]-International Energy Agency, *Headline Energy Data*, 2015 (disponível em <https://www.iea.org/>, acesso em 15/10/2016).

[14]-IPCC, *Climate changes - Impacts, adaptation and vulnerability*, Cambridge University Press, 2007.

[15]-Legrand, J., *Advances in Chemical Engineering*, Vol. 48: Photobioreaction Engineering. Elsevier, 2016.

[16]-Modest, M.F., *Radiative Heat Transfer*, Elsevier, 2013.

[17]-Molina, E., Ferna, J., Acie, F.G., Chisti, Y., Tubular photobioreactor design for algal cultures, *Journal of Biotechnology*, Vol. 92, pp. 113-131, 2001.

[18]-Montheith, J., *Principles of Environmental Physics*, Vol. 4. Academic Press, 1994.

[19]-Pilon, L., Berberoglu, H., Kandilian, R., Radiation transfer in photobiological carbon dioxide fixation and fuel production by microalgae, *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, Vol. 112, pp. 2639-2660, 2011.

[20]-Posten, C., *Design principles of photobioreactors for cultivation of microalgae*, *Engineering in Life Sciences*, Vol. 9, pp. 165-177, 2009.

[21]-Raso, S., Van Genugten, B., Effect of oxygen concentration on the growth of *Nannochloropsis* sp at low light intensity, *Journal of Applied Phycology*, Vol. 24, pp. 863-871, 2012.

[22]-Sandnes, J.M., Källqvist, T., Wenner, D., Gislerød, H.R., Combined influence of light and temperature on growth rates of *Nannochloropsis oceanica*: linking cellular responses to large-scale biomass production, *Journal of Applied Phycology*, Vol. 17, pp. 515-525, 2005.

[23]-Simionato, D., Sforza, E., Carpinelli, E.C., Bertuccio, A., Giacometti, G.M., Morosinotto, T., Acclimation of *Nannochloropsis gaditana* to different illumination regimes: effects on lipids accumulation, *Bioresource Technology*, Vol.102, pp. 6026-6032, 2011.

[24]-Suda, S., Taxonomic characterization of a marine *Nannochloropsis species*, *Phycologia*, Vol. 41, pp. 273-279, 2002.

[25]-Swanson, D., Block, R., Mousa, S.A., Omega-3 fatty acids EPA and DHA: health benefits throughout life, *Advances in Nutrition*, Vol. 3, pp. 1-7, 2012.

[26]-Thurler, J.H.F., Static optimization and dynamic modeling of microalgae production in photobioreactors, Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica, Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa, 2016.

[27]-Tredici, M.R., Photobiology of microalgae mass cultures: understanding the tools for the next green revolution, *Biofuels*, Vol. 1, pp. 143-162, 2010.

[28]-Weissman, J.C., Goebel, R.P., Benemann, J.R., Photobioreactor design: mixing, carbon utilization and oxygen accumulation, *Biotechnology Bioengineering*, Vol. 31, pp. 336-344, 1988.

[29]-Wolf, J., Stephens, E., Steinbusch, S., Yarnold, J., Ross, I.L., Steinweg, C., Doebbe, A., Krolovitsch, C., Müller, S., Jakob, G., Kruse, O., Posten, C., Hankamer, B., Multifactorial comparison of photobioreactor geometries in parallel microalgae cultivations, *Algal Research*, Vol. 15, pp. 187-201, 2016.

ARTIGO REF: 6641

ALGUNS PROBLEMAS ASSOCIADOS A DIVULGAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

Maria Rosa Alves Duque^(*)

Universidade de Évora, Depart. De Física, ECT, Évora, Portugal

^(*)*Email:* mrad@uevora.pt

RESUMO

Os habitantes do planeta Terra enfrentam actualmente dois “grandes” problemas que são a poluição do planeta e a obtenção de energia. Associados a estes tipos de problemas aparecem o problema das alterações climáticas e subida do nível médio do mar, e a escassez de água potável, que já se faz sentir em algumas regiões. Infelizmente, devido a problemas educativos e falta de esclarecimento das populações, o número de pessoas que se apercebem da situação referida é muito limitado e, muitas vezes, a comunicação social em vez de esclarecer ainda confunde as pessoas, contribuindo para o desinteresse de número elevado de pessoas, relativamente ao tema. O trabalho que apresentamos foca alguns dos problemas referidos e modos como se tem tentado resolvê-los, concluindo que, num passado recente, foram tomadas decisões com base em premissas que não eram as mais adequadas, não se conhecendo actualmente a resolução dos problemas focados.

INTRODUÇÃO

O nível de poluição no planeta Terra e a constatação de que alguns dos chamados “combustíveis fósseis” estarão perto da fase de extinção, foram factores que contribuíram para que cientistas e governantes pensassem na utilização de algumas fontes energéticas não convencionais, juntamente com o aumento da utilização de energias convencionais, consideradas não poluentes (por exemplo, energia hídrica). Dispositivos construídos para serem utilizados em pequena escala, e com utilização local da energia obtida, passaram a ser utilizados em larga escala, sendo construídos dispositivos de grandes dimensões (parques eólicos cobrindo grandes áreas, grandes centrais fotovoltaicas, reservatórios de água de grandes dimensões). Ao falarmos de poluição do planeta aparece-nos o chamado “efeito de estufa” e os gases a ele associados. Os gases referidos são vários e o seu efeito diferenciado tendo-se convencionado que a quantificação do efeito de estufa seria feita através da “massa equivalente de CO₂ libertado”. Na realidade, verificamos que, muitas vezes, nas notícias relacionadas com as construções referidas aparece apenas a frase “quantidade de CO₂ evitada”. Esta “quantidade” é obtida considerando apenas a quantidade de CO₂ libertado na combustão de combustíveis fósseis necessária para produzir a electricidade, por métodos tradicionais. As novas centrais são consideradas como elementos não poluentes. A divulgação destas notícias pela comunicação social faz com que a população pense que estes dispositivos resolvem os problemas referidos, não se questionando sobre o assunto.

Paralelamente às medidas referidas têm sido organizadas reuniões entre políticos de diferentes países com a finalidade de estipularem metas a cumprir relativamente a emissão de gases de efeito de estufa. Nos trabalhos decorrentes das reuniões referidas têm sido utilizados como elementos de trabalho o aquecimento originado no período de 100 anos pelos diferentes componentes.

Apesar de todos os esforços mencionados verificou-se que a temperatura média dos oceanos e da atmosfera do planeta Terra aumentou, mais do que tinha sido previsto, nos últimos anos.

PROBLEMAS ASSOCIADOS A GRANDES CENTRAIS

A electricidade gerada nestes dispositivos acaba por ser utilizada em grandes agregados populacionais, situados, em geral, a grandes distâncias do local onde se encontra a central, sendo necessário resolver todos os problemas associados ao transporte de electricidade. A grande área ocupada, a quantidade de electricidade gerada e de água armazenada, a quantidade de população abastecida e o transporte de energia, obrigam a medidas de segurança suplementares.

Ao analisarmos o que se passa com as grandes centrais associadas a energias renováveis (eólicas, solares fotovoltaicas e hídricas) verificamos que todas elas contribuem para aumento de poluição, sendo necessário fazer estudos directamente relacionados com o tipo de central, área abrangida, local onde irá ser construída, etc.

Grandes centrais hidroeléctricas

Estas centrais aparecem associadas há existência de grandes barragens. A utilização de barragens para obtenção de energia eléctrica e irrigação de solos é muito antiga. A grande alteração verificada nos últimos anos consiste nas dimensões das barragens e da quantidade de barragens construídas ou com construção projectada, nos últimos anos, a nível mundial. Para além dos problemas de alteração de paisagem e ocupação de terrenos anteriormente utilizados de modo diferente, tem sido detectado o problema da eutrofização num número cada vez mais elevado destes reservatórios. Devido à quantidade relativamente elevada de material orgânico que entra nos reservatórios por métodos naturais, provocada essencialmente por excesso de nutrientes colocados nos solos e transportados pela água infiltrada nos solos e que se escoam até à barragem, ou por injeção directa, em determinadas épocas do ano verifica-se um excesso de nutrientes que origina um excesso de flora na barragem, fazendo com que a luz do sol não consiga penetrar através da superfície. Como consequência, verifica-se um deficit de oxigénio, tendo como consequência a morte e decomposição de fauna e flora existente e tornando tóxicas as águas da barragem. A consequência imediata é a impossibilidade de fornecer água da barragem às populações, originando-se deficiência de água potável na região. Um outro facto, extremamente importante, consiste na libertação de metano (Lima et al, 2008). A libertação deste gás e de CO₂ faz-se a montante e a jusante da barragem, sendo um factor importante a existência de saídas para as turbinas e o número de turbinas em funcionamento. No caso de barragens destinadas a irrigação de terrenos, o metano emitido vai depender da área abrangida e do tipo de cultura feita na região. A quantidade de metano libertado depende de vários factores como a quantidade e tipo de matéria orgânica que chega às barragens, a profundidade a que se encontra, etc. Não sendo obrigatória a medição deste parâmetro, existem muitos países onde ela não é realizada.

Devido às alterações climáticas que se têm verificado, a localização de barragens a realizar, ou em fase de realização, pode ser um forte problema pois os estudos realizados a algumas décadas podem não ser válidos no futuro, podendo a barragem ser construída numa região onde não exista água para a encher ou haja água suficiente para regar os campos sem necessidade da barragem. Neste último caso a barragem servirá quase exclusivamente para a produção de electricidade que terá que ser transportada a distâncias superiores às inicialmente projectadas. O transporte de água para outras regiões, em canais artificiais, é algo dispendioso, envolvendo grandes áreas de terra não utilizada, e que impede o transporte de

adubos naturais para os campos de cultivo. Nas regiões com deficit de água é feita a reutilização da água, depois de passar pelas turbinas. Este método tem vindo a ser implementado, mas trás custos adicionais.

Grandes centrais fotovoltaicas

A construção das chamadas “centrais solares fotovoltaicas de grandes dimensões” traz vários tipos de problema (Belfiore et al, 2013). Apesar de as células fotovoltaicas terem sido produzidas essencialmente na China, Alemanha e EUA, os problemas associados ao seu fabrico são relativamente conhecidos. Apesar de as células fotovoltaicas terem sido produzidas essencialmente na China, Alemanha e EUA, os problemas associados ao seu fabrico são relativamente conhecidos. O problema principal relaciona-se com a quantidade de energia necessária para o seu fabrico e o modo como ela é obtida. Na China, por exemplo, têm sido utilizados fornos gigantescos, alimentados a carvão, na sua confecção. Devemos ainda salientar, neste país, o alto grau de poluição associado à extração de materiais utilizados na confecção das células fotovoltaicas. Apesar de as leis que regulamentam o sector terem sido alteradas e algumas das fábricas terem de encerrar ou alterar a sua produção, existem algumas empresas que se espalharam pelo mundo possuindo fábricas de menores dimensões. Verificamos, então, que a produção das células fotovoltaicas exige quantidade significativa de energia, geralmente obtida a partir de combustíveis fósseis. O transporte das células para os locais onde são montados os painéis e depois a central, envolvem a libertação de gases de efeito de estufa, que não aparecem na contabilização dos efeitos nocivos.

Existem outros efeitos importantes que deverão ser estudados como, a necessidade de utilização de água para limpar os painéis (a quantidade utilizada varia com o tipo de solo, chuva e ventos locais), o local onde obter a água necessária e o que fazer com a água depois de feita a limpeza. A quantidade de solo ocupado pela central e que terá que ficar sem ser utilizado depois de ela deixar de funcionar, devido aos produtos utilizados para não crescer vegetação durante o seu funcionamento, deverá ser outro aspecto a considerar.

O último problema a resolver, relaciona-se com o desmantelamento das centrais e colocação de todo o material que daí resulta, visto que, até ao momento, não é feita, a nível mundial, reciclagem de painéis solares. O manuseamento do lixo resultante (Kari Larsen, 2009) deverá ser feito por pessoal devidamente formado. O seu armazenamento deverá ser feito em condições apropriadas. Estes problemas não têm sido considerados quando se fazem os projectos das centrais e, dentro de um futuro relativamente próximo, governantes locais terão que os resolver, pois os painéis não poderão ficar montados depois de a central deixar de funcionar devido a problemas de revestimento e possíveis reacções químicas com a água das chuvas.

Para além dos aspectos mencionados existe um outro problema relacionado com as condições de funcionamento das centrais. As características dos painéis solares especificadas pelos fabricantes, são obtidas em laboratório, e indicam a potência eléctrica máxima obtida com o painel, perante uma insolação de $1 \text{ KW} / \text{m}^2$, a uma temperatura de 25°C (Ciulla, G. et al, 2014). Sabemos que, em muitas regiões, os valores da temperatura da baixa atmosfera são, muitas vezes, mais elevados que o valor apresentado, podendo a insolação apresentar valores diferentes. Apesar de terem sido publicados vários trabalhos (Weiss, et al, 2015) com modelos que tentam resolver este problema, na realidade, não existe um método que permita saber qual o rendimento que terá uma central que é colocada numa região com características diferentes das indicadas. Como consequência o rendimento das centrais poderá ser bastante inferior ao teoricamente previsto no projecto inicial.

PROBLEMAS DE INFORMAÇÃO E ESCLARECIMENTO

Os problemas focados anteriormente são desconhecidos por grande parte da população. Na realidade, os meios de comunicação social limitam-se a transmitir apenas as notícias sobre toneladas evitadas de dióxido de carbono, calculadas com base na quantidade de combustíveis fósseis que seria necessário queimar para obter a electricidade por métodos tradicionais, ignorando completamente os problemas ambientais associados às centrais mencionadas. Um outro problema que ocorre com frequência é a presumível oferta de postos de trabalho na região onde serão colocadas as novas centrais, que, neste momento, não é verdadeira, visto que as novas centrais são automáticas, podendo os postos de controlo estar distantes da central e necessitando de um ou dois operadores, devidamente especializados.

A civilização em que vivemos, necessita, para continuar com o seu tipo actual de vida, de utilizar todos os tipos de energia acessíveis. Na realidade não são conhecidas formas de obtenção de electricidade que não originem poluição e gases de efeito de estufa que, mais cedo ou mais tarde, irão contribuir para um aumento da temperatura observada à superfície do planeta. Desde que se começou a falar destes problemas a nível político e económico, foi convencionalizado que se utilizaria o CO₂ como gás de referência para os estudos a realizar. As medições feitas nos últimos anos mostram que as previsões feitas anteriormente não se concretizaram. Este facto terá ocorrido porque alguns governantes não cumpriram o acordado, mas também porque não se fizeram os estudos adequados nem se deu a atenção devida a outros gases de efeito de estufa, como, por exemplo, o metano, não se tendo promovido medições adequadas nem estudado devidamente o seu comportamento depois de emitido para a atmosfera.

CONCLUSÕES

Neste momento não são conhecidos e explorados processos de obtenção de energia por métodos não poluentes. A escolha do tipo de energia a utilizar numa dada região deverá ser feita, tendo em conta aspectos que não têm sido considerados até agora. Ligado a este problema diretamente relacionado com a investigação que tem sido feita, a nível mundial, sobre o assunto, aparece um outro problema que reside na falta de esclarecimento da população e, em especial de decisores locais, regionais e nacionais sobre a problemática associada a este tipo de decisões.

REFERÊNCIAS

- [1]-Belfiore, F., Taylor, T., Moisan, B., Zappia, M., Cinarelli, E. Risks and opportunities in the operation of large solar plants, *Solar Power Gen 2013*, San Diego, USA, 2013.
- [2]-Ciulla, G., Lo Brano, V., Franzitta, V., Trapanese, M., Assessment of the operating temperature of crystalline PV modules Bases on real use conditions, *International Journal of Photoenergy*, vol 2014, article ID7183115, pp. 1-11, 2014.
- [3]-Larsen, K., End of life PV: then what - Recycling solar panels, *Renewable Energy Focus*, vol 10, nº 4, pp. 48-53, 2009.
- [4]-Lima, I.B.T., Ramos, F. M., Bambace, L., Rosa, R., Methane emissions from large dams as renewable energy resources:A developing nation perspective, *Mitig. Adapt. Atrat. Glob. Change*, vol 13, pp. 193-206, 2008
- [5]-Weiss, L., Amara, M.; Menezes, C., Impact of radiative-heat transfer on photovoltaic module temperature, *Prog. Photovolt. Res. Appl.*, vol 24, pp. 12-27, 2015.

ARTIGO REF: 6650

SOBRE UMA POSSÍVEL UTILIZAÇÃO LOCAL DE ENERGIA

Maria Rosa Duque^(*)

Universidade de Évora, Depart. De Física, ECT, Évora, Portugal

^(*)*Email: mrad@uevora.pt*

RESUMO

Neste trabalho propomos a utilização de bombas geotérmicas para refrigerar os “Montes Alentejanos”, durante a época quente. Apesar das características das casas típicas da região, que favorecem o arrefecimento passivo das casas, atendendo ao tipo de utilizadores actuais e às temperaturas relativamente elevadas medidas fora das casas, é aconselhado um sistema de refrigeração. O trabalho que apresentamos foca os motivos e as vantagens de utilização dos sistemas propostos, tendo em conta propriedades do solo, localização das casas clima da região e aspectos económicos, incluindo comprimento de tubo necessário e tempo de vida dos equipamentos propostos.

INTRODUÇÃO

O Sul de Portugal é conhecido por ser uma região com poucas nuvens, onde o número diário de horas de Sol é relativamente elevado. As casas a que nos referimos (Montes Alentejanos) situam-se fora das cidades antigas e das pequenas populações, encontrando-se isoladas no meio do campo. Estas casas têm sido utilizadas por agricultores ou criadores de gado, mas, nos últimos anos, algumas foram recuperadas tendo sido utilizadas no chamado “turismo de habitação” ou “casas de hóspedes”. Historicamente, estas casas, que possuem lareira e respectiva chaminé, são aquecidas no Inverno com lenha queimada na lareira ou em fogões próprios. O calor fornecido pode ser utilizado para aquecer água, que depois é distribuída por partes seleccionadas das casas No verão, as temperaturas fora das casas podem ser relativamente elevadas, podendo apresentar valores acima dos 40°C, e apesar das características das casas típicas da região, atendendo ao tipo de utilizadores actuais, é aconselhado um sistema de refrigeração. O trabalho que apresentamos foca os motivos e as vantagens da utilização de bombas geotérmicas, principalmente durante a época quente, funcionando como sistemas de refrigeração.

CARACTERÍSTICAS DA REGIÃO

A região a que nos referimos (Alentejo) é geologicamente muito antiga, tendo sofrido fenómenos de erosão muito intensos, e apresentando uma altitude média de cerca de 200 m acima do nível do mar. Por vezes esta região é designada por planície alentejana, devido à sua baixa altitude, mas esta é apenas o resultado de uma elevada taxa de erosão que ocorreu durante um número muito elevado de anos, que originou a presente topografia.



Fig. 1 - Dois Montes Alentejanos

Clima da região

O clima desta região tem características próprias, sendo quente e seco durante o Verão e ocorrendo chuva durante o Outono e Inverno. As temperaturas mais elevadas (com valores acima de 40°C durante dias sucessivos, em algumas regiões) ocorrem nos meses de Julho e Agosto e as temperaturas menos elevadas (por vezes atingem valores próximos de 0°C) ocorrem em Janeiro. As diferenças entre o valor médio máximo e o valor médio mínimo podem atingir valores de $14,6^{\circ}\text{C}$ (Amareleja) ou $15,6^{\circ}\text{C}$ (Santo Aleixo da Restauração). O gráfico da figura 2 mostra os valores médios mensais das temperaturas máximas e das temperaturas mínimas registadas na estação da Amareleja Localidade onde são registados os valores mais elevados de temperatura em Portugal). Nesta estação são, geralmente, registados os menores valores de precipitação obtidos na região (cerca de 533 mm por ano).

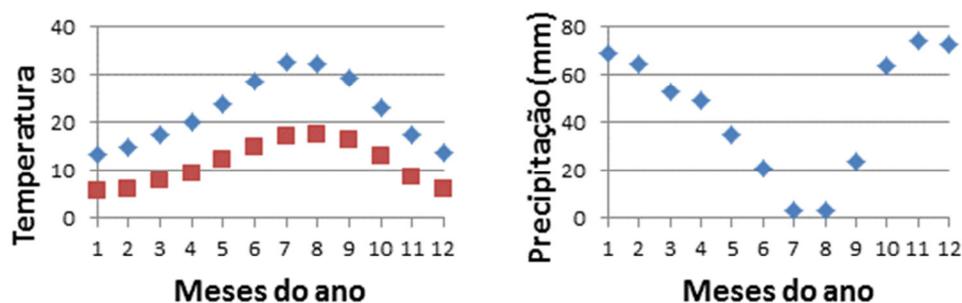


Fig. 2 - Gráficos de valores médios mensais de temperaturas (máxima e mínima) registadas na Amareleja. Gráfico com os valores médios da precipitação registada na Amareleja.

Olhando para o gráfico do lado direito da figura 2, podemos ver que os menores valores de precipitação ocorrem nos meses de Julho e Agosto, registando 2 ou 3 mm por mês. Os valores mais elevados de precipitação ocorrem nos meses de Novembro, Dezembro e Janeiro. Os valores obtidos situam-se nos intervalos 73-74 mm na Amareleja e 86 mm em Castro Verde e Ourique.

Casas típicas da região

As casas típicas da região têm apenas um piso. As paredes externas são caiadas de branco, com barras amarelas ou azuis. As portas das casas e proteções das janelas são de madeira, e os telhados são cobertos por telhas de argila. Na estação quente, os habitantes fecham as portas de casa e das janelas, prevenindo a entrada de calor vindo do exterior. Durante a noite, as janelas são abertas, para ventilação e abaixamento de temperatura. Este sistema, utilizado durante séculos, não funciona agora pois os turistas estão em casa durante o dia e querem ter

as portas abertas e as janelas sem proteção de madeira. Este facto faz com que seja necessária a utilização de métodos artificiais de refrigeração.

Propriedades térmicas do solo

Os dados de fluxo de calor obtidos na região (Duque e Mendes-Victor, 1993; Correia,2015) apresentam valores elevados, devido aos valores de gradientes de temperatura obtidos em furos (entre 20 e 30° C /Km) no solo e valores elevados de condutividade térmica (entre 3,03 e 4,65 W m⁻¹K⁻¹) medida em amostras retiradas dos furos. Durante a estação seca, devido aos valores baixos de precipitação, a condutividade térmica do solo diminui perto da superfície, e a parte superior do solo funciona como um obstáculo à propagação do calor do ar para o solo, obtendo-se temperaturas no solo inferiores ao que se poderia esperar, atendendo às temperaturas do ar, medidas na região. As temperaturas feitas em furos mostram que é possível encontrar temperaturas próximas de 20° C a 60 m de profundidade, na região.

Água na região

As casas localizadas no meio da planície não possuem lagos na sua vizinhança, sendo necessário trabalhar com água de aquíferos subterrâneos localizados próximo das casas ou introduzir água no solo, durante a montagem do sistema, que funcionará como um sistema fechado. É comum encontrar furos com água, perto destas casas, utilizada para actividades domésticas, que poderão, em alguns casos, ser utilizados no sistema de refrigeração.

BOMBAS GEOTÉRMICAS

As bombas geotérmicas, utilizadas no arrefecimento e aquecimento de edifícios são sistemas com eficiência energética relativamente elevada e custos efectivos relativamente baixos. Elas utilizam menos energia que os sistemas convencionais de arrefecimento / aquecimento convencionais e fornecem 3 a 5 vezes mais energia do que consomem. O desenho e instalação das bombas geotérmicas está relacionado com as propriedades térmicas do solo, o tipo de material constituinte do solo, o conteúdo de humidade e a temperatura do solo. A eficiência de aquecimento das bombas geotérmicas pode ser obtida através do coeficiente de desempenho (COP), que representa o quociente entre o calor fornecido pela bomba e a energia que é necessário fornecer ao sistema (bomba) para poder funcionar. No caso do arrefecimento temos o “quociente de eficiência energética “ (EER), que é o quociente entre a quantidade de calor removido por hora e a quantidade de energia (em Watt) que é necessário fornecer á bomba para funcionar. Os valores de COP associados a bombas geotérmicas no subsolo localizam-se entre 3,0 e 5,0. Os valores de EER localizam-se entre 15 e 25.

Os sistemas que utilizam bombas geotérmicas são constituídos por três partes distintas: o equipamento dentro do edifício, responsável pela transferência de calor ou frio para as diferentes divisões, a bomba geotérmica propriamente dita que fornece/ retira o calor de modo a manter valores definidos de temperatura e a componente do solo, responsável por retirar ou introduzir calor no solo. A instalação destes dispositivos não é visível na parte externa da casa, a bomba geotérmica não ocupa muito espaço podendo ser colocada, por exemplo, numa arrecadação.

Sistemas propostos

Os sistemas propostos são constituídos por tubos enterrados no solo, e funcionam como sistemas fechados, horizontais ou verticais. Devido às temperaturas do solo no Alentejo, não é necessário utilizar anticongelante, utilizando-se apenas água nos furos. Como estamos a trabalhar com casas isoladas, não temos o problema de espaço disponível para a instalação,

podendo ser utilizados dispositivos verticais (tubos colocados verticalmente dentro de um furo até profundidades entre 50 e 100m) ou dispositivos horizontais em que os tubos são colocados numa vala, a uma profundidade de 1 a 2m abaixo da superfície do solo. Os sistemas abertos que utilizam lagos ou aquíferos de água não são recomendados para esta região devido a escassez de reservas de água.

A colocação de dispositivos verticais é mais dispendiosa pois exige mais tempo de perfuração que os sistemas horizontais. Contudo, como os tubos são enterrados a maior profundidade (50 a 100m) no solo, eles estão numa zona mais estável, do ponto de vista térmico (a temperatura do solo a 60 m de profundidade não sofre variações durante a estação seca e quente). Os sistemas horizontais têm uma instalação mais barata pois os tubos ficam numa vala a 1 ou 2 m de profundidade. Eles são a opção indicada em solos com rochas muito duras onde é dispendioso fazer trabalhos de perfuração. A desvantagem destes sistemas é que são mais afectados pelas variações meteorológicas e de temperatura do ar, devido à proximidade dos tubos com a superfície do solo. Os sistemas verticais poderão ser uma boa opção na região.

Sistemas verticais

Nos sistemas verticais, os permutadores de calor são constituídos por um ou mais furos verticais, contendo um ou dois tubos em forma de U, através dos quais circula o fluido permutador de calor. Estes tubos estão, geralmente, encerrados numa argamassa de bentonite,

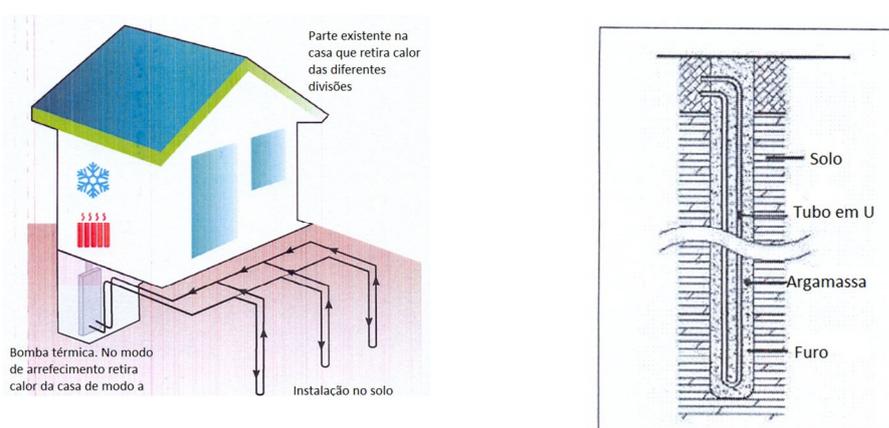


Fig. 3 - Esquema ilustrativo das diferentes partes da instalação e furo com tubo em U e argamassa

utilizada para selar o furo e evitar a contaminação dos aquíferos existentes no subsolo da região. Esta argamassa possui uma condutividade térmica relativamente baixa (cerca de $0,692 \text{ W K}^{-1}\text{m}^{-1}$) e actua como isolante térmico, contrariando as trocas de calor entre os tubos em U e o meio circundante (solo/rocha). Atualmente, existem no mercado argamassas com condutividades térmicas que podem atingir valores de $2,42 \text{ W K}^{-1}\text{m}^{-1}$ (Jeppesen, K.C.,2010), diminuindo substancialmente o efeito referido. Colocando os tubos em U junto das paredes do furo, e separando-os o mais possível, diminui de modo significativo o efeito isolante térmico da argamassa, aumentando a área de absorção / rejeição de energia e diminuindo as trocas de calor entre os tubos, no mesmo furo.

As relações entre os diferentes parâmetros focados, a condutividade do solo e o comprimento de furo necessário, foram estudados por Ping et al (2007), utilizando três valores diferentes de condutividade do solo. Na figura 4 mostram-se os resultados obtidos pelos autores referidos para o comprimento de furo necessário em função do espaço mínimo entre furos adjacentes. na figura 5 podemos ver o comprimento de furo em função do espaço mínimo

entre os tubos dispostos em forma de U. Podemos ver, nos dois gráficos apresentados, que os valores do comprimento do furo diminuem em locais com valores mais elevados de condutividade térmica do solo. Com uma condutividade térmica de $2,2 \text{ W K}^{-1}\text{m}^{-1}$, consegue-se uma redução no comprimento de furo de cerca de 45 %, em relação ao valor obtido com condutividade térmica de $0,8 \text{ W K}^{-1}\text{m}^{-1}$. No gráfico da direita podemos ver uma ligeira diminuição de valores de comprimento de furo para valores mais elevados de distância entre os tubos com configuração em U. Atendendo aos resultados apresentados, podemos dizer que

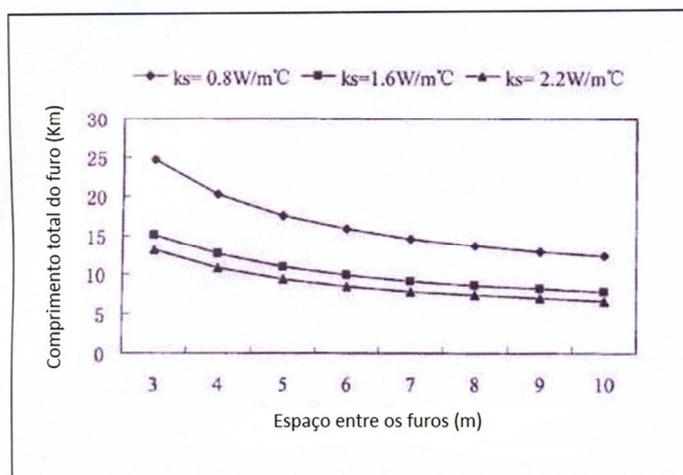


Fig. 4 - Comprimento mínimo de furo necessário em função do espaço entre furos contínuos, para três valores de condutividade térmica do solo (adaptado de Ping et al, 2007).

Os valores relativamente elevados de condutividade térmica obtidos no solo do Alentejo podem ser associados a comprimentos de furos relativamente baixos e a pequeno espaçamento nos dispositivos com tubos em forma de U.

A figura 6 mostra os resultados obtidos considerando diferentes valores de condutividade térmica da argamassa, para os três tipos de solos considerados. Podemos ver que, quando a condutividade térmica da argamassa aumenta de 0,5 para $1 \text{ W K}^{-1}\text{m}^{-1}$, se observa uma redução de cerca de 8% no comprimento de furo necessário. Quando aumenta o valor da condutividade térmica verifica-se que o efeito se torna desprezável. Este facto faz com que seja necessário verificar se a elevação de custos da argamassa é compensado pela redução do tempo de perfuração dos furos que se obtém.

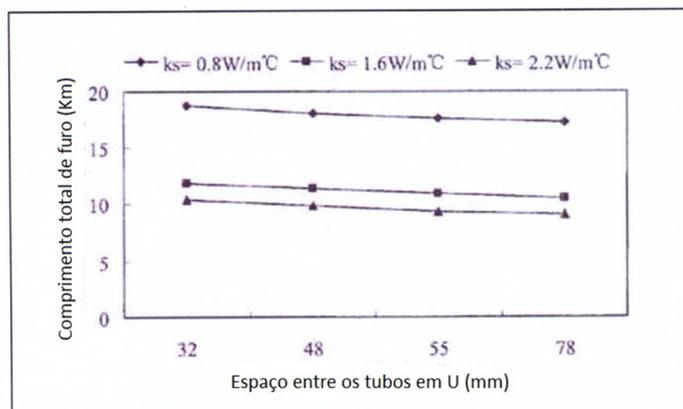


Fig. 5 - Comprimento mínimo de furo necessário em função do espaço entre os tubos do dispositivo em forma de U, para três valores de condutividade térmica do solo (adaptado de Ping et al, 2007).

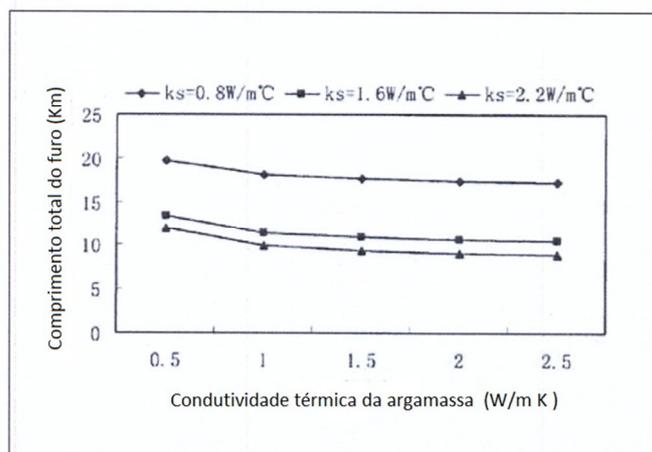


Fig. 6 - Comprimento mínimo de furo necessário em função da condutividade térmica da argamassa utilizada, para três valores de condutividade térmica do solo (adaptado de Ping et al, 2007).

Sistemas horizontais

Para termos uma estimativa do comprimento de tubo necessário para arrefecer as casas referidas, vamos utilizar o modelo apresentado por Glassley (2010) utilizando a equação (1), onde L_C representa o comprimento do tubo necessário, R_p é a resistência térmica do tubo, R_s é a resistência térmica do solo, T_{max} é a temperatura máxima do fluido da bomba escolhida, T_H é a temperatura máxima do solo na profundidade de instalação escolhida, F_c é a fracção de tempo em que o sistema de arrefecimento estará a funcionar e C_c será a carga de arrefecimento.

$$L_c = \{ (C_c) \times [(EER+3.412)/EER] \times [R_p + (R_s \times F_c)] \} / (T_{max} - T_H) \quad (1)$$

Tendo em conta os valores de temperatura medidos na região (ver figura 2), podemos dizer que se justifica o arrefecimento das casas durante quatro meses do ano (Junho, Julho, Agosto e Setembro) e aquecimento durante os meses (parte de Novembro, Dezembro, Janeiro, Fevereiro e parte de Março). Na Primavera e outono, dadas as características das casas, o clima natural será suficiente.

As cargas de aquecimento/ arrefecimento, dependem da área ocupada pela casa e do número de quartos e pessoas que vivem no interior da casa, particularmente durante o dia. Vamos tomar como referência o valor mínimo de 1 KW e o valor máximo de 10 KW. O valor do COP para a bomba utilizada será 3,6 e o valor EER será 17,5. A condutividade térmica dos tubos será $14,8 \text{ W K}^{-1}\text{m}^{-1}$ (resistência térmica $R_p = 1/14,8 = 0,0676 \text{ W}^{-1} \text{ K m}$). Os resultados obtidos, considerando diferentes valores de condutividade térmica do solo, encontram-se na Tabela 1 e na Figura 7.

Os valores apresentados no gráfico foram obtidos considerando uma carga de arrefecimento de 10 KW e um valor de EER de 17,5. Examinado o gráfico verificamos que os valores de comprimento de tubo obtidos para solos com valores de condutividade térmica entre 1,5 e 3,0 $\text{W K}^{-1}\text{m}^{-1}$, localizam-se entre 100 e 200 m. Na Tabela 1 encontram-se os valores obtidos utilizando um valor de 15,0 para EER. Os valores L_1 e L_2 foram obtidos utilizando um valor de $C_c = 1 \text{ KW}$ e valores de $T_{max}-T_H$ de 15°C e 20°C , respectivamente. L_3 e L_4 , foram obtidos para $C_c = 10 \text{ KW}$ e valores de $T_{max}-T_H$ iguais aos utilizados para L_1 e L_2 .

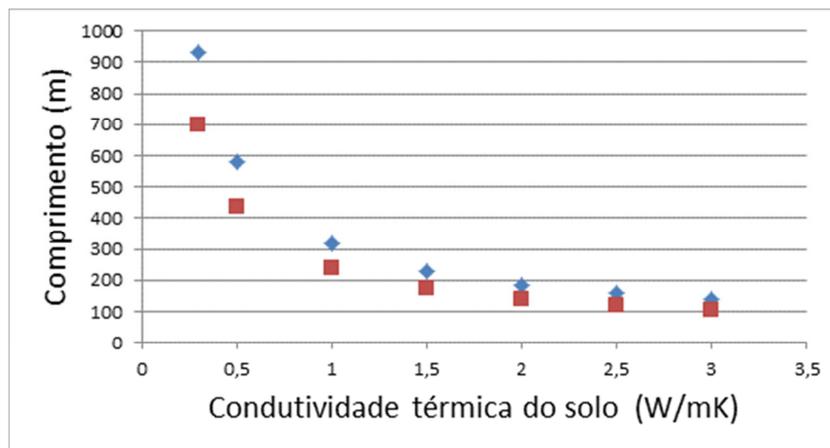


Fig. 7 - Comprimento mínimo de tubo necessário para um sistema horizontal de arrefecimento, em que $T_{\max} - T_H$ tem valores de 15 °C (losangos) ou 20°C (quadrados)

Analisando os resultados obtidos, vemos, claramente, que os comprimentos mais elevados são obtidos em solos com condutividade térmica igual a $0,33 \text{ W K}^{-1}\text{m}^{-1}$ ($R_s = 3,33 \text{ W}^{-1} \text{ K m}$) ou $0,5 \text{ W K}^{-1}\text{m}^{-1}$ ($R_s = 2,00 \text{ W}^{-1} \text{ K m}$). Estes dados não são os observados na região em estudo.

Tabela 1. Valores de comprimento de tubo obtidos para um sistema de arrefecimento horizontal, utilizando um valor de EER igual a 15,0

R_s ($\text{W}^{-1}\text{K m}$)	L_1 (m)	L_2 (m)	L_3 (m)	L_4 (m)
0,33	14,5	10,9	145,0	108,6
0,40	16,4	12,3	163,7	122,7
0,50	19,1	14,3	190,7	143,0
0,67	23,7	17,8	236,6	177,4
1,00	32,6	24,4	325,7	244,3
2,00	59,6	44,7	595,7	446,8
3,33	95,5	71,6	955,0	716,2

MOTIVOS ADICIONAIS PARA A ESCOLHA APRESENTADA

O aquecimento e arrefecimento das casas poderia ser feito utilizando energia solar, mas teríamos um problema de alteração da paisagem e da forma externa das casas tradicionais da região, com a colocação dos painéis solares nos telhados. A colocação dos painéis solares junto ao solo, perto da casa, não é aconselhada devido a problemas de vandalismo que poderão ocorrer por as casas se encontrarem isoladas no meio do campo e, muitas vezes, estarem desabitadas durante intervalos de tempo que poderão ser longos. Um outro problema são os eventos meteorológicos ocasionais (trovoadas, por exemplo) que poderão causar problemas no equipamento. Os valores de temperatura relativamente elevados que, por vezes, se fazem sentir na região, podem diminuir o rendimento e o tempo de vida do equipamento indicado pelos fabricantes (os painéis solares são calibrados considerando uma temperatura da célula de 25°C e uma insolação média de 1 KW/m^2 (Ciulla;G. et al, 2014)).

Com o método proposto no presente trabalho (Bombas geotérmicas, com tubos colocados no subsolo), o equipamento colocado fora da casa está enterrado no subsolo, estando a parte restante dentro de casa. A bomba propriamente dita poderá ser colocada, por exemplo, numa arrecadação, dentro de casa. Neste caso não existe equipamento visível, a alterar a paisagem, nem à superfície do solo, sujeito a problemas de vandalismo ou problemas provocados por eventos meteorológicos. O tempo de vida do equipamento, fornecido pelos fabricantes, para o equipamento colocado dentro de casa é de 20 a 25 anos, e para o material colocado no subsolo varia entre 25 e 50 anos.

Apesar de uma parte significativa da electricidade utilizada em Portugal ser obtida em centrais hidroeléctricas e eólicas, e, dentro e pouco tempo, todas as centrais a carvão serem encerradas, o uso de metodologias como a proposta contribuem para uma diminuição da emissão de gases associados a efeito de estufa, na região. Por outro lado, a electricidade em Portugal continua a ter preços relativamente elevados, para o utilizador, sendo aconselhada a utilização de dispositivos que reduzam o consumo de electricidade.

CONCLUSÕES

As razões apresentadas para a utilização de bombas geotérmicas na região estudada relaciona-se com a necessidade de preservar as características e o aspecto externo das casas típicas da região, e também assegurar a segurança do equipamento. As propriedades térmicas do solo (valores elevados de condutividade térmica) e as temperaturas registadas na região, contribuem para que o comprimento dos tubos que deverão ser colocados no subsolo seja relativamente curto. O preço relativamente elevado da electricidade na região e o tempo de vida do equipamento, são razões que favorecem a utilização deste tipo de equipamento.

O preço de instalação de um sistema geotérmico deste tipo pode ser mais elevado que o de um sistema convencional de arrefecimento com a mesma capacidade de refrigeração, no entanto os custos adicionais são recuperados devido ao tempo de vida e segurança do equipamento e à quantidade de electricidade poupada.

REFERÊNCIAS

- [1]-Ciulla, G.,Lo Brano, V.,Franzitta, V.,Trapanese, M., Assessment of the operating temperature of crystalline PV modules Bases on real use conditions, International Journal of Photoenergy, vol 2014, article ID7183115, pp. 1-11, 2014.
- [2]-Correia, A., Heat production and thermal conductivity in mainland Portugal, Proceedings of the World Geothermal congress 2015, Melbourne, Australia,2015.
- [3]-Duque, M.R., Mendes-Victor, L. A., Heat flow and deep temperature in South Portugal, Studia geoph et geod., vol 37,pp. 279-292, Prague, 1993.
- [4]-Glassley, W.E., geothermal energy. Renewable energy and the environment, CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, 2010.
- [5]-Jeppesen, K.C., Fundamentals of commercial geothermal wellfield design, GHP Systems, Inc, pp. 1-31, 2010
- [6]-Ping,C., Hongxing, Y. & Zhaohong, F., Simulation Modelling and Design Optimisation of Ground Source Heat Pump Systems, HKIE Transactions, vol14, nº 1,pp. 1-6, 2007.

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ENERGÉTICO DA BIOMASSA FLORESTAL

Berta Lúcia Cumbane^{1(*)}, Ana Luísa Fernando²

¹Universidade Zambeze, Faculdade de Ciências de Saúde (FCS) - Tete, Moçambique

²Universidade Nova de Lisboa, Departamento de Ciências e Tecnologias da Biomassa, Caparica, Portugal

(*)Email: blcumbane@gmail.com; b_cumbane@hotmail.com

RESUMO

A sociedade apoiou-se sempre no uso de energias provenientes de fontes não renováveis para a sua subsistência. Entretanto, com o desenvolvimento tecnológico e o crescimento populacional, o consumo dos combustíveis fósseis aumentou drasticamente, caminhando, segundo Himmel et al. (2007), para uma provável situação de esgotamento. Por outro lado, existe também uma grande preocupação associada às mudanças climáticas, dado que o uso de combustíveis fósseis tem influencia no aumento da temperatura média global devido ao efeito estufa (Cortez, Lora, & Gómez, 2008). Esta questão despertou a atenção de vários especialistas no que tange ao desenvolvimento de técnicas de obtenção de novas fontes de energia, tendo em conta a componente de sustentabilidade e conservação do ambiente (Muto Lubota, González Suárez, Hernández Pérez, Concepción Toledo, & González Herrera, 2016). Seguindo este contexto os países desenvolvidos e em desenvolvimento viram-se motivados a desenvolver ações com vista não somente a um aproveitamento racional e integral dos recursos energéticos disponíveis, bem como a redução da dependência dos combustíveis fósseis (Cortez et al., 2008). Apresenta-se na figura 1 a percentagem de contribuição das diversas fontes de energia na matriz energética mundial até ao ano 2008, com ênfase para o sector florestal o qual contribuiu com cerca de 8.74%.

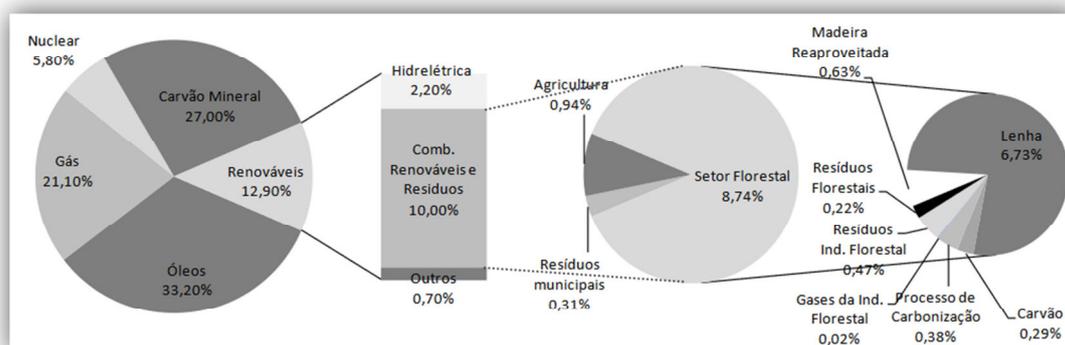


Fig. 1 - Estimativa da contribuição das fontes de energia para a matriz energética mundial em 2008.
Fonte: Metz et al. (2007) e International Energy Agency (2010) citado por Moreira (2011)

A biomassa florestal é tida como uma fonte de energia limpa e, quando comparada aos combustíveis fósseis, provoca menores danos ao meio ambiente dado que possui baixo teor de enxofre (Couto et al., 2000) citado por (Soares, Carneiro, Gonçalves, & Lelles, 2006). O seu potencial para a produção de energia depende de vários fatores, sendo os principais as

propriedades físicas e químicas da biomassa utilizada (Ferreira, Stähelin, Valin, Brand, & de Muñiz, 2016). Contudo, o potencial energético da biomassa florestal pode ser otimizado através da monitoria de duas propriedades que exercem influência direta na transformação do combustível. São elas o teor de humidade e poder calorífico (Brand, Muñiz, Brito, & Quirino, 2014). O poder calorífico é a quantidade de energia na forma de calor liberada pela combustão de uma unidade de massa da madeira (Jara, 1989) citado por (Quirino et al., 2005). Quanto maior o poder calorífico maior o potencial energético da biomassa. O teor de humidade, representa a quantidade de água contida na biomassa (Quirino et al., 2005). Uma vez que a água apresenta um poder calorífico negativo, esta necessita de calor para evaporar, o que indica que quanto maior a humidade menor é o seu poder de combustão (Cunha et al., 1989).

O trabalho de investigação consiste de uma revisão bibliográfica sobre o estado atual do conhecimento sobre as tecnologias de reutilização da biomassa florestal e o seu potencial para a produção de energia. A motivação para este estudo centra-se no facto de os desperdícios das operações florestais, por não possuírem valor comercial, serem normalmente deixados no solo criando um meio de ignição e propagação de fogos, pragas e doenças. Assim, a sua remoção poderá traduzir-se na diminuição das ocorrências de incêndios e da sua gravidade.

REFERÊNCIAS

- [1]-Brand, M. A., Muñiz, G. I. B. de, Brito, J. O., & Quirino, W. F. (2014). Influência das dimensões da biomassa estocada de *Pinus taeda* L. E *Eucalyptus dunnii* Maiden na qualidade do combustível para geração de energia. *Revista Árvore*, 38, 175-183.
- [2]-Cortez, L. A. B., *et al.* (2008). Biomassa para Energia, 1-29. Retrieved from <http://www.nipe.unicamp.br/2013/docs/publicacoes/inte-biomassa-energia070814.pdf>.
- [3]-Cunha, M. P. S. C., Pontes, C. L. F., A., C. I., Cabral, M. T. F. D., Neto, Z. B., & Barbosa, A. P. (1989). Estudo químico de 55 espécies lenhosas para geração de energia em caldeiras. 3o Encontro Brasileiro Em Madeiras E Em Estruturas de Madeira: Anais, 2, São Carlos, 93-121.
- [4]-Ferreira, J. C., Stähelin, T. S. F., Valin, M., Brand, M. A., & de Muñiz, G. I. B. (2016). Qualificação da biomassa em povoamentos florestais de *Pinus taeda*. *Floresta*, 46(2), 269-276.
- [5]-Himmel, M. E., Ding, S.-Y., Johnson, D. K., Adney, W. S., Nimlos, M. R., Brady, J. W., & Foust, T. D. (2007). Biomass recalcitrance: engineering plants and enzymes for biofuels production. *Science*, 315(5813), 804-7.
- [6]-Moreira, J. M. M. Á. P. (2011). Potencial e participação das florestas na matriz energética. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 31(68), 363-372.
- [7]-Muto Lubota, *et al.*, (2016). Estrategia colaborativa para assimilar tecnologías energéticas alternativas y co-productos de biomasa forestal. *ingeniería Industrial*, 37(2), 218-231.
- [8]-Quirino, W. F., Vale, A. T. Do, Andrade, A. P. A. De, Abreu, V. L. S., & Azevedo, A. C. D. S. (2005). Poder Calorífico Da Madeira E De Materiais Ligno-Celulósicos. *Revista Da Madeira*, 89, 100-106.
- [9]-Soares, T. S., Carneiro, A. de C. O., Gonçalves, E. de O., & Lelles, J. G. de. (2006). Uso Da Biomassa Florestal Na Geração de Energia. *Revista Científica Eletrônica De Engenharia Florestal - Issn 1678-3867*, 8(Iv), 9.

ARTIGO REF: 6715

CONCLUSÃO DA REABILITAÇÃO DOS ORGÃOS DE DESCARGA DA BARRAGEM DE CAHORA BASSA - PROJECTO REABDESC

José Manuel da Costa^(*)

Hidroeléctrica de Cahora Bassa (HCB), Moçambique

^(*)*Email:* jose.costa@hcb.co.mz

RESUMO

A Barragem da Hidroeléctrica de Cahora Bassa - HCB, Moçambique, entrou em serviço em 1975, desde então entre outras intervenções de manutenção preventivas e correctivas, também pontuais reparações foram feitas em alguns dos órgãos destas comportas, sua selagem e do circuito hidráulico dos oito descarregadores de Cheias da barragem assim com no único descarregador de superfície da Barragem

Cada descarregador de cheias tem uma capacidade de vazão de aproximadamente 1600 m³ por segundo quando abertas a 100%, tendo dispositivos de controlo de abertura de 0 a 100% da sua capacidade de vazão.

A barragem tem uma altura de 170m, tendo os oitos descarregadores de cheias situados a meio fundo da barragem e o descarregador de superfície está situado no topo da barragem (este descarregador é usado para limpeza da área superficial da água do rio)

Após quarenta e um anos passados de exploração destes empreendimentos, com os descarregadores a funcionarem em pleno regime de carga sempre que necessário, em especial em tempos chuvosos e grandes cheias, o Conselho de Administração da Empresa HCB aprovou o projecto de reabilitação de todos equipamentos existentes na barragem da Hidroeléctrica de Cahora Bassa. Este projecto teve início no dia 8 de Agosto de 2010 e terminou a 31 de Outubro de 2016.

As partes importantes dessa reabilitação da Barragem são as comportas, o seu “liner”, é o circuito hidráulico e de comando responsável pela manobra (abertura e fecho) das comportas, e a sua selagem dentro dos limites admissíveis. Esta reabilitação iniciou nas ensecadeiras e seu pórtico de 400T, seguido “liner” das comportas, passando pela comporta, sua vedação e arejamento, concluindo no circuito hidráulico e de comando.

Este foi efetuado com base em descrição das actividades de desmontagem, análise de materiais, peças e equipamentos, problemas constatados e soluções propostas com ilustrações e documentado de imagens fotográficas antes, assim como depois da reabilitação de todos os equipamentos que compõem o circuito hidráulico e óleo-hidráulico, bem como o rendimento esperado no escoamento e na selagem no final da reabilitação, constarão também nesta apresentação, assim como o novo período previsto para exploração da Barragem com segurança admissível e aceitável.

Este trabalho pretende descrever todo o processo de reabilitação da Barragem de Cahora Bassa, desde a abertura das comportas, decapagem destas e do seu respectivo “liner”, maquinaria, reparação com soldadura de algumas partes mais desgastadas, nalguns casos em que os poros estão mais salientes teve que se efectuar o enchimento com resinas adequadas,

nas partes de betão o enchimento foi efectuado com betão apropriado. Muita maquinagem de superfícies metálicas irregulares foram efectuados com equipamentos de precisão.

Efectuou-se também a desmontagem e reparação do interior dos servomotores, maquinagem e correcção de todas as peças com indício de desgaste elevado, substituição de todos elementos de vedação e de força. Mudança dos postos de manobra e dos quadros de controlo e comando eléctrico.

REFERÊNCIAS

[1]-Manual de Qualidade da Prozinco.

[2]-Trabalho, Instruções e Manuais do Empreiteiro Alstom.

[3]-Trabalho e procedimentos de Fiscalização Injerop.

ARTIGO REF: 6758

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS SOB A ÓTICA DA GERAÇÃO ENERGÉTICA RENOVÁVEL

**Cássio Rangel Paulista^(*), Roberta Alvarenga dos Santos, Henrique Rego Monteiro da Hora,
Milton Erthal Júnior**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense),
Campos dos Goytacazes, Brasil

^(*)*Email:* cassio.paulista@iff.edu.br

RESUMO

O monitoramento e/ou previsão de eventos climáticos é essencial para diversas atividades humanas. A mineração de dados se apresenta como uma das técnicas que auxilia a descoberta de conhecimento em grandes bases de dados. O objetivo deste trabalho é extrair conhecimento de dados climáticos utilizando técnicas de agrupamento e regressão, de forma a se obter curvas que melhor representem o comportamento da velocidade do vento e radiação solar, contidas no grupo trimestral que apresentar maior potencial de geração energética. A base de dados consultada foi fornecida pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O Weka foi utilizado para a aplicação do agrupamento, e o Curve Expert para a obtenção das curvas. Percebeu-se que os meses que obtiveram a maior ocorrência de velocidades de vento acima de 4 m/s foram setembro, outubro e novembro. A curva referente ao dia de maior incidência solar apresentou coeficiente de correlação (0,96), num formato sinusoidal.

INTRODUÇÃO

Num cenário em que a velocidade das mudanças no setor tecnológico mundial e a necessidade de adaptação é cada vez maior, a análise de informações em grandes bases de dados se torna uma atividade pertinente, demandando o uso de técnicas e ferramentas que tornem o processo de coleta, análise e utilização das informações mais ágil e confiável. Assim se configura a extração de conhecimento das massas de dados meteorológicos, que são coletados por estações espalhadas pelo território brasileiro.

Segundo Wagner, Zabadal e Ribeiro (2016), o monitoramento e/ou previsão de eventos climáticos é essencial para diversas atividades humanas. Determinadas áreas de conhecimento, como por exemplo, na agricultura, ou em outros ramos de atividades como na indústria ou transporte, há a necessidade de se ter informações confiáveis para seus planejamentos. Outra área, como a energética, é beneficiada com a possibilidade de se prever, ainda que com certo grau de erro, a incidência de irradiação solar ou a velocidade do vento, variáveis essas que estão intimamente ligadas com a geração fotovoltaica e eólica, respectivamente. Sempre que elas estão disponíveis, há o potencial de geração de energia elétrica, se incorporadas em redes inteligentes, também conhecidas por smart grids (JARRAH, 2016). A existência desse tipo de rede em território brasileiro foi estudada por Di Santo *et al.* (2015), onde se verificou os detalhes de sete smart grids no país.

Baba, Vaz e Costa (2014) ressaltaram que a análise de dados meteorológicos apresenta suporte para a previsão de fenômenos, para a avaliação de dados, para a tomada de decisões, e também auxilia na escolha e localização para implantação de sistemas utilizando fontes

renováveis de energia. Mas, analisar esses dados gerados por estações de monitoramento ambiental não é uma tarefa tão simples a qual conseguimos realizar sem uso de ferramentas específicas. A mineração de dados (Data Mining - DM) é uma dessas técnicas, na qual auxilia a descoberta de conhecimento em grandes bases de dados, transformando dados em conhecimento útil de forma inteligente e automática (REIS, 2015).

O objetivo deste trabalho é extrair conhecimento de dados climáticos utilizando técnicas de DM, especificamente, agrupamento e regressão, de forma a se obter curvas que melhor representem o comportamento da velocidade do vento e radiação solar contida no grupo trimestral que apresente maior potencial de geração de energia. As informações são oriundas da estação meteorológica de superfície automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), denominada Campos-A607, que está situada na latitude -21.714767° e longitude -41.344017° , no Parque Aldeia, na cidade de Campos dos Goytacazes/ RJ. A técnica de agrupamento é aplicada com a utilização do Weka. As regressões são realizadas com o auxílio do Curve Expert (HYAMS, 2009).

REVISÃO DA LITERATURA

A fundamentação teórica desse trabalho foi iniciada com uma contextualização do cenário energético no Brasil entre 1990 e 2014, em comparação com cinco países da Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico (OCDE) que se destacam na produção de energia fotovoltaica, de acordo com Machado e Miranda (2015). Em seguida, foi realizada uma explanação do conceito de DM e a descoberta do conhecimento (Knowledge Discovery in Databases - KDD).

Cenário energético brasileiro em comparação com países da OCDE

Realizando um corte temporal de 1990 a 2014, pôde-se perceber que o Brasil não se destacou positivamente quanto à intensidade de emissão de CO_2 (IEA, 2016). O valor absoluto de dióxido de carbono liberado aumentou consideravelmente na faixa de tempo considerada. A Itália e Alemanha apresentaram redução da quantidade de CO_2 emitido. Os outros países praticamente mantiveram a quantidade de gás emitido por queima de combustíveis fósseis. Tais valores foram representados pela extensão da área das bolhas demonstradas na Figura 1.

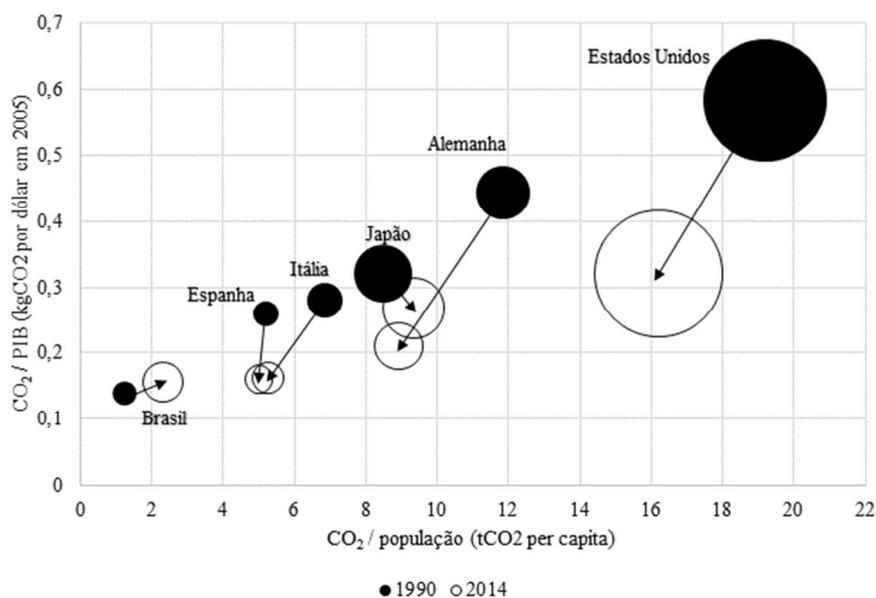


Fig. 1 - Comparação de intensidade de emissão de CO_2 entre o Brasil e países membros da OCDE.

O deslocamento gráfico em direção à origem do gráfico significa redução da intensidade de emissão de CO₂. A representação da questão brasileira demonstrou que o país continuou emitindo mais gases do efeito estufa em relação ao seu crescimento econômico (PIB), e ao crescimento populacional. Ainda que 70,6% da energia brasileira seja oriunda das usinas hidrelétricas (GOLDEMBERG, 2015), percebeu-se que o investimento em avanço tecnológico em relação às soluções energéticas de menor impacto ambiental é relevante, e a análise de dados históricos de monitoramento ambiental pode se apresentar como uma ferramenta valiosa para o estudo de viabilidade técnico-econômica de instalação de geradores FV, eólicos, ou até mesmo geração híbrida.

Mineração de dados e extração do conhecimento

As informações disponíveis vêm crescendo nos últimos anos e inúmeros fatores contribuíram para esse significativo aumento. Em consequência disso, bancos de dados passaram a possuir verdadeiros tesouros de informação e, devido ao seu volume, ultrapassaram a habilidade técnica e a capacidade humana em sua captação e interpretação, tornando-se necessária a aplicação de técnicas e ferramentas automáticas que agilisassem o processo de extração de informações relevantes de grandes volumes de dados (CARDOSO; MACHADO, 2008).

Segundo Santos, Menezes e Hora (2014), o KDD surgiu para atender a este novo cenário. Fayyad, Piatetsky-Shapiro e Smyth (1996) definiram essa técnica como sendo um processo de várias etapas, não trivial, interativo e iterativo, para identificação de padrões compreensíveis, válidos, novos e potencialmente úteis a partir de grandes conjuntos de dados. Tal processo foi mostrado na Figura 2.



Fig. 2 - Visão geral das etapas que compõe o processo KDD.

Steiner *et al.* (2006) apontou que até 1995, muitos autores consideravam os termos KDD e DM como sinônimos, porém o primeiro refere-se a todo processo de descoberta de conhecimento útil nos dados, enquanto o segundo trata-se de uma etapa desse processo. Wagner, Zabadal e Ribeiro (2016) definiram DM como um processo de extração de informações de uma grande base de dados para tomada de decisões, que é aplicada em diversas áreas como empresas, pesquisas e indústrias que utilizam os resultados, como exemplo, para melhoria de processos ou analisar tendências.

De acordo com Fayyad, Piatetsky-Shapiro e Smyth (1996), existem diversos métodos de DM para encontrar respostas ou extrair conhecimento em repositórios de dados, sendo os mais importantes para o KDD: classificação, modelos de relacionamento entre variáveis, análise de agrupamento, sumarização, modelo de dependência, regras de associação e análise de séries temporais. Nesse trabalho foi utilizada a técnica de agrupamento.

METODOLOGIA

Os procedimentos que foram executados nesse artigo corresponderam aos passos descritos na Figura 3. Os dados climáticos foram obtidos da base de dados brasileira do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), criado em 1909, com o objetivo de fornecer dados meteorológicos

para a sociedade do Brasil, de forma a auxiliar os processos decisórios e promover o desenvolvimento sustentável do país. O órgão faz parte do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, possuindo sede em Brasília e dez distritos de meteorologia distribuídos estrategicamente nas capitais (INMET, 2016).



Fig. 3 - Metodologia do trabalho.

O corte temporal considerado no presente artigo foi realizado para o ano de 2016, de janeiro a dezembro. Foram criados dez grupos trimestrais, de forma a se promover uma superposição de meses em cada grupo. A estrutura dos grupos trimestrais foi modelada conforme a Figura 4. No total, foram mineradas 8708 instâncias.

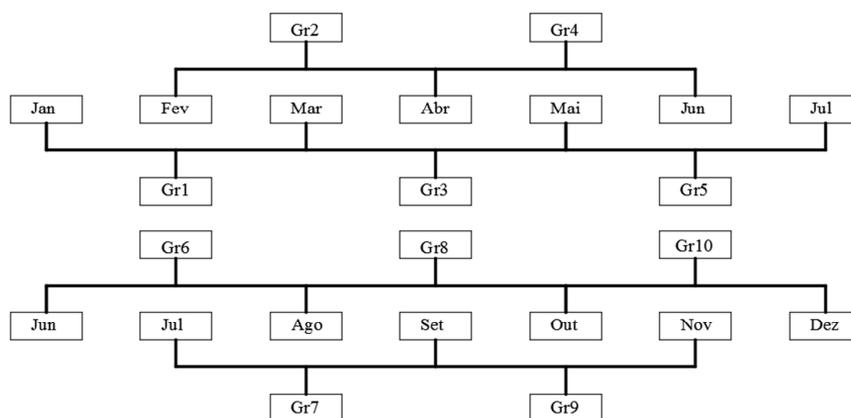


Fig. 4 - Estrutura dos grupos trimestrais analisados.

Clusterização

O algoritmo de agrupamento utilizado foi o *Expectation Maximization* (EM). Essa técnica atribuiu uma distribuição de probabilidade para cada instância, indicando a probabilidade de ela pertencer a um núcleo, ou cluster. O código que representou a configuração completa do algoritmo foi “EM -I 1000 -N -1 -X 10 -max -1 -ll-cv 1.0 E-6 -ll-iter 1.0 E-6 -M 1.0 E-6 -K 10 -num-slots 1 -S 100”.

A Tabela 1 apresentou os resultados gerados após a aplicação do algoritmo. As iniciais “V” e “R” foram definidas para designar a velocidade do vento, em m/s, e a radiação solar, em KJ/m², respectivamente. Os valores apresentados representaram as médias calculadas pelo método de mineração. O grupo trimestral destacado foi selecionado a partir dos parâmetros de viabilidade de geração de energia eólica, de acordo com Amarante *et al.* (2001), e que obteve o maior número de instâncias contidas nele.

Análise de regressão

O software Curve Expert foi utilizado como ferramenta para se detectar a curva que melhor representa o comportamento dos dados de velocidade do vento e radiação solar, para o período relativo ao grupo trimestral “Gr9”. O programa foi configurado para realizar até 100 iterações, tendo como critério de parada o alcance de uma precisão de 1 micron (10-6).

Tabela 1 - Resultados da aplicação do algoritmo EM, por grupo trimestral.

j	Gr1		Gr2		Gr3		Gr4		Gr5	
	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R
0	2,3	0,0	2,1	0,0	3,1	259,1	3,1	1245,6	2,8	368,7
1	3,6	1617,2	3,6	1655,9	3,4	2662,8	2,2	0,0	2,3	0,0
2	-	-	-	-	3,4	1377,1	-	-	3,2	1633,2
3	-	-	-	-	2,1	0,0	-	-	-	-

j	Gr6		Gr7		Gr8		Gr9		Gr10	
	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R
0	3,1	920,3	4,6	2400,3	4,1	1143,7	4,2	1374,7	4,8	2941,5
1	3,0	162,7	2,5	0,0	2,7	0,0	2,9	0,0	2,7	0,0
2	2,3	0,0	3,0	147,7	4,9	2626,4	-	-	3,4	296,4
3	4,2	2209,7	3,7	978,5	3,2	206,6	-	-	4,2	1328,9

Para a velocidade do vento, buscou-se obter três gráficos de demonstrassem a velocidade em função do tempo ao longo dos 90 dias, com cada curva correspondendo a um mês do grupo trimestral. Como os dados são obtidos de forma horária, foi necessário calcular a mediana diária para cada mês. Os resultados com as curvas obtidas, coeficientes de correlação e equações, foram mostrados na Figura 5.

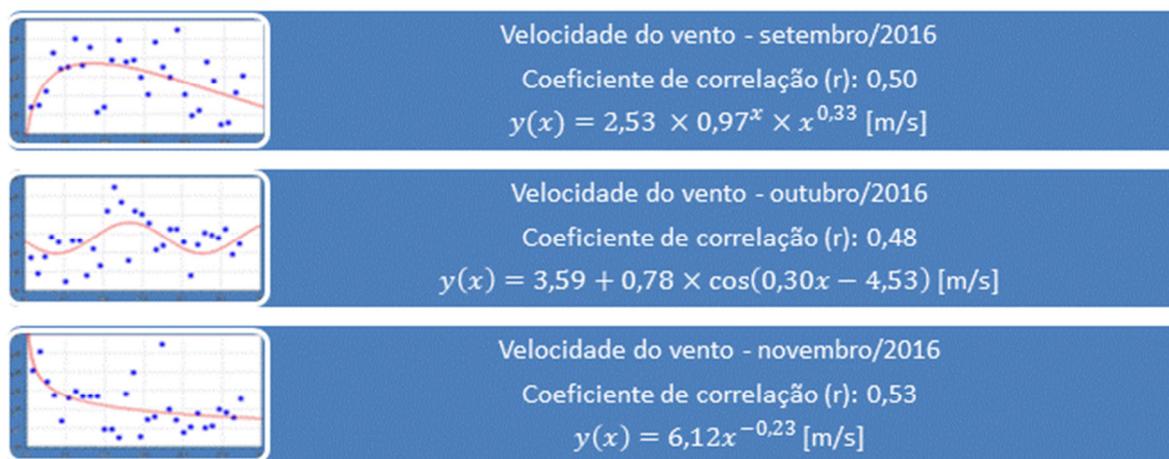


Fig. 5 - Velocidade do vento x dia do mês.

A curva relacionada à radiação solar foi obtida tendo como referência o dia contido no grupo trimestral “Gr9” que apresentou a maior radiação solar. Após análise dos dados do INMET, verificou-se que a ocorrência dessa radiação foi em 19 de novembro de 2016, às 15h, com um valor de 4020 kJ/m². A equação que definiu o comportamento da radiação solar durante o dia especificado foi uma curva senoidal, conforme descrito pela Equação 1.

$$y(x) = 1471,36 + 2103,13 \times \cos(30,39x - 4,41) \text{ [KJ/m}^2\text{]} \quad (1)$$

O coeficiente de correlação obtido para a curva sinusoidal foi de 0,96, o que demonstrou alta correlação entre a curva e os dados obtidos na base do INMET imputados no Curve Expert. A curva obtida foi demonstrada na Figura 6.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de técnicas de mineração de dados, especificamente, agrupamento e regressão, foram demonstradas e, nesse sentido, verificou-se que as mesmas são relevantes no estudo do comportamento de variáveis climáticas, possibilitando a extração de conhecimento de uma grande quantidade de dados coletados por estações automáticas. Vale notificar que as informações da base utilizada, INMET, são brutas e não sofreram nenhum tratamento prévio pelo instituto para serem divulgadas ao público.

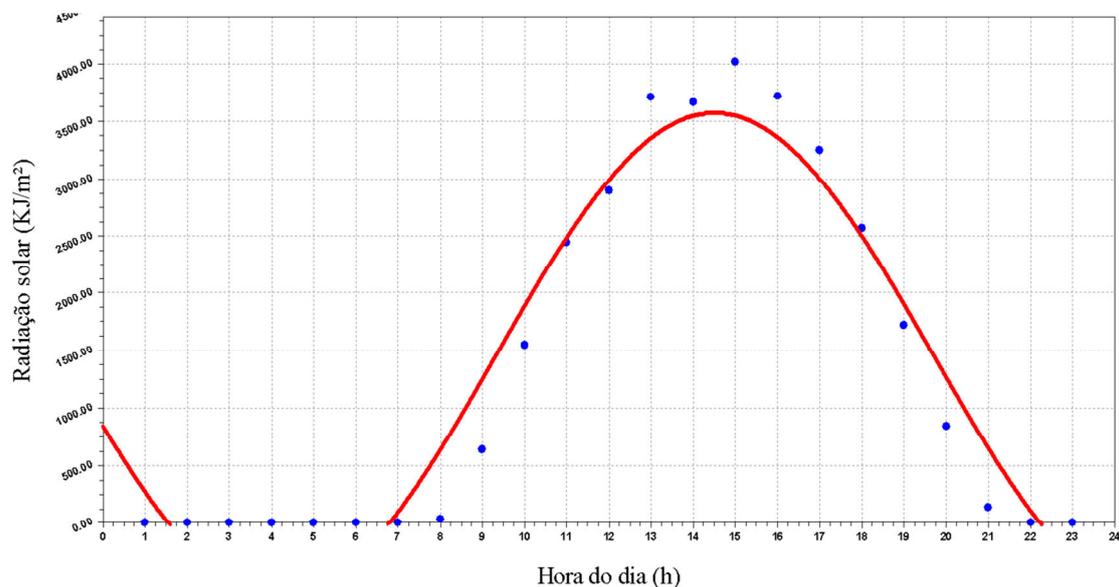


Fig. 6 - Curva de radiação solar durante o dia 19 de novembro de 2016.

A aplicação da técnica de agrupamento por grupos trimestrais demandou esforço braçal para preparação dos arquivos antes de serem carregados no *Weka*. Ainda assim, o recurso foi considerado eficaz, com a utilização do algoritmo EM, para se verificar quais grupos continham as instâncias que detinham as maiores velocidades de vento, com suas respectivas radiações solares. Desse modo, observou-se que, em 2016, os meses que obtiveram a maior ocorrência de velocidades de vento acima de 4 m/s foram setembro, outubro e novembro. A modelagem das curvas de velocidade do vento para esses meses, via regressão, revelou coeficientes de correlação abaixo de 0,53, coeficiente para novembro de 2016. Concluiu-se que os dados dos ventos levantados pela estação automática não seguem um padrão facilmente modelado matematicamente.

A curva referente ao dia de maior incidência solar para novembro 2016 foi a que apresentou o maior coeficiente de correlação (0,96) através de um gráfico sinusoidal. Nesse aspecto, constatou-se que a radiação solar possuiu um comportamento melhor definido em relação à velocidade do vento. Os valores de radiação foram considerados coerentes, sendo uma das evidências o pico que ocorreu às 15h, fato comumente comprovado empiricamente.

Para trabalhos futuros, sugere-se a utilização de outros bancos de dados, como o SWERA, para poder se comparar as curvas obtidas, e se verificar se haveria maior aderência dos gráficos às informações disponíveis na base. Sugere-se também a definição de uma equação geral para a radiação solar, na faixa de 1 ano, para se poder utilizá-la em modelos de simulação a eventos discretos que tratem de geração de energia fotovoltaica.

REFERÊNCIAS

- [1]-AMARANTE, O. A. C. DO et al. Atlas do potencial eólico brasileiro Brasília, 2001.
- [2]-BABA, R. K.; VAZ, M. S. M. G.; COSTA, J. D. Correção de dados agrometeorológicos utilizando métodos estatísticos. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 29, n. 4, 9 jun. 2014.
- [3]-CARDOSO, O. N. P.; MACHADO, R. T. M. Gestão do conhecimento usando data mining: estudo de caso na Universidade Federal de Lavras. Revista de administração pública, v. 42, n. 3, p. 495-528, jun. 2008.
- [4]-DI SANTO, K. G. et al. A review on smart grids and experiences in Brazil. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 52, p. 1072-1082, dez. 2015.
- [5]-FAYYAD, U.; PIATETSKY-SHAPIRO, G.; SMYTH, P. From data mining to knowledge discovery in databases. AI magazine, v. 17, n. 3, p. 37, 1996.
- [6]-GOLDEMBERG, J. O estado atual do setor elétrico brasileiro. Revista USP, n. 104, p. 37-44, 2015.
- [7]-HYAMS, D. G. CurveExpert Copyright © 1995-2007. Hixson, Tennessee: Daniel Hyams, 2009.
- [8]-IEA. International Energy Agency. Disponível em: <<http://www.iea.org/>>. Acesso em: 19 jun. 2016.
- [9]-INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=sobre_inmet>. Acesso em: 22 dez. 2016.
- [10]-JARRAH, M. Modeling and Simulation of Renewable Energy Sources in Smart Grid Using DEVS Formalism. Procedia Computer Science, v. 83, p. 642-647, 2016.
- [11]-MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. Photovoltaic Solar Energy: A Briefly Review. Revista Virtual de Química, v. 7, n. 1, 2015.

[12]-REIS, R. X. DOS. A utilização do fenômeno Big Data na Administração Pública - a experiência do PENSA na Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro. Trabalho de conclusão de curso—Rio de Janeiro: Escola de Contas e Gestão, 2015.

[13]-SANTOS, A. C. DE S. G. DOS; MENEZES, T. DE P.; DA HORA, H. R. M. Análise do perfil de aluno e egresso de cursos técnicos por meio de data mining: estudo de caso no Instituto Federal Fluminense. # Tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia, v. 3, n. 1, 2014.

[14]-STEINER, M. T. A. et al. Study of a medical problem using KDD, with emphasis on exploratory data analysis. Gestão & Produção, v. 13, n. 2, p. 325-337, maio 2006.

[15]-WAGNER, M. M.; RIBEIRO, V.; ZABADAL, J. Mineração de Dados Meteorológicos Empregando Dados de Temperatura: o caso de uma cidade gaúcha. Interfaces Científicas - Exatas e Tecnológicas, v. 2, n. 2, p. 57-70, 11 out. 2016.

ARTIGO REF: 6837

DESIGNING AND TESTING THE SYSTEMS FOR ADVANCED TRANSPORTATION

José Loureiro^(*)

Instituto Politécnico da Guarda, ESTG-UTC-ET-DCP- Guarda, Portugal

^(*)*Email:* jloureiro@ipg.pt

ABSTRACT

In this paper truly innovative propulsion processes for vehicles are presented, such as those presented in [Millis & Thomas, 2006], [Vartholomeos & Papadopoulos, 2008] and [Wane & Hongnian, 2009], and also, the systems used in the prototypes developed by the author between 2009 and 2014.

The big difference from the classic propulsion processes is that the new systems do not require traction wheels, nor do they need to interact with the medium through propellers, nor do they require the ejection of mass like jets and rockets. It looks like science fiction but it does work, as the patents registered by inventors and the prototypes tested by the author of this article prove.

According to a NASA report [Millis & Thomas, 2006] the new propulsion systems can fall into three categories. The first class deals with the propulsion processes with displacement of mass, in circular movement [Dean, Norman L., 1959] and [Thornson, Brandson R., 1986] or, with linear movement [Foster Sr., Richard E., 1997]. The second category includes the gyro-based propulsion processes [Laithwaite, Eric and William Dawson, 1999], but distinguishing these from the reaction-wheels, which can only change the orientation of an object as they are used in artificial satellites. Finally, the third category groups new, more theoretical or untested propulsion processes [Forward, Robert, 1963] or [Podkletnov E., and Nieminen, 1992].

The author of this article developed small prototypes of the first category referred to, and installed them in vehicles with four "free" wheels. The tests carried out proved the possibility of displacement of these vehicles, without traction to the wheels, which for that reason designated as 0-WD, compared to the classic systems F-WD, R-WD, and 4-WD used in automobiles and jeeps.

Table-1 shows the main specifications of all prototypes developed and the results obtained in movement tests, all in horizontal surfaces like tables and workshop floor.

Table 1 - Main specifications and test results of 0-WD vehicles.

0-WD vehicle	Mass (kg)	Power (W)	Actuation	Speed (m/s)
Wheel chair-2009	85	-	muscular	N/A
Load cart-2009	100	-	muscular	N/A
Meccano-2010	4,3	-	wheight	N/A
0-WD-2011	3,6	250	electric	0,034
0-WD-2012	125	-	muscular	N/A
0-WD-2014	18,3	620	electric	0,1

The limitations of the tested processes, with small scale prototypes, were reduced speed, small load capacity, and only possible horizontal motions.

In Figure 1 two prototypes of 0-WD vehicles are illustrated.

The advantages of the proposed process are those indicated for all propulsion processes of the first category mentioned, that is, the thrust force is obtained without traction wheels, neither interaction with environment for example with propellers, and without mass ejection from the vehicle as used in jets and rockets.

In future works, the author will construct and test new improvements of these "free" wheels, especially the prototype designated 0-WD-2014 to achieve not only movement in any terrain, with different speeds, but with greater load, and autonomy.



Fig. 1 - Two successful configurations of the tested 0-WD vehicles (0-WD-2011, and 0-WD-2014).

The main aim of future work will be to improve mobility by making all transportation means really safe and efficient by using propulsion systems capable of operating irrespective of infrastructure and weather conditions.

REFERENCES

- [1]-Millis, M.G. & Thomas N.E., Responding to Mechanical Antigravity, NASA/TM-2006-214390; AIAA-2006-4913 (2006) 1-20.
- [2]-Vartholomeos P. & Papadopoulos E., Analysis and Experiments on the Force Capabilities of Centripetal-Force-Actuated Microrobotic Platforms, IEEE Transactions on Robotics, Vol.24, N°3, June, (2008) 588-599.
- [3]-Wane S. & Hongnian Yu, Cart propulsion using a revolving pendulum, IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control, Okayama (2009) 233-237.
- [4]-Loureiro, J.A.N., Development of 0-WD, an innovative propulsion system, CLME2014, (2014).

ARTIGO REF: 6838

DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN HYBRID SYSTEM FOR ELECTRIC POWER DECENTRALIZED GENERATION

José Loureiro^(*)

Instituto Politécnico da Guarda, ESTG-UTC-ET-DCP, Guarda, Portugal

^(*)*Email:* jloureiro@ipg.pt

ABSTRACT

Several micro scale power generation systems [Stevens & Belmans, 2005], and hybrid-wind turbines and solar [Mostafa & Sohair, 2014] or, including other renewable energy sources have been presented in order to reduce system operating costs and avoid air pollution caused by fossil fuels used in thermal engines driving electric generators. Other papers [Hossam & Nobi, 2016] propose supervisor control for power management of hybrid AC/DC microgrids.

In this article the environmental problem is treated and a proposal of a portable electric power generator is presented. This hybrid and decentralized system [Loureiro, 2015] for the generation of electricity has mechanical and electrical innovations. The mechanical design is innovative because it can be operated manually or by any preferably efficient and clean motor and allows the accumulation of gravitational potential energy to be used for the production of electricity. The electrical innovation is the application of Faraday's principle of electromagnetic induction, but with linear movements of permanent neodymium magnets inside fixed electric coils.

Air pollution caused by transport, factories and power plants running on fossil fuels has led to the closure / reduction of factory production and the restriction of traffic in major cities around the world (Beijing, Shanghai, and even Madrid as reported in December 2016). When oil prices rise, and when people wear respirator masks on the streets of great cities (Figure 1), one can realize the importance of large environmental summits and the urgent need to improve life with policies that encourage the use of more efficient and friendly technologies for the planet.

While the production of clean electricity, although progressively increasing, fails to meet the needs, it is difficult to change the dominant situation of fossil and nuclear fuels on renewable energy. Even if oil reserves are continually reduced and operating costs increase, infrastructure for the supply of petroleum products to consumers and coal to power plants will still be able to respond more easily than the electricity grid combined with renewable sources, or, rather than an alternative infrastructure such as hydrogen - still at an embryonic stage.

In the field of transport, there are technological limitations on the supply of hydrogen and on the storage of electricity (low energy density, low capacity and high battery charge time). Although there has been progress that makes it possible to approximate half of the allowable range with a petrol / diesel tank (around 1000 km), without compromising safety or use, the "green" / alternative vehicle is still in reduced commercialization compared to the car classic.

There are also economic constraints to the expansion of Zero Emissions Vehicles such as the high cost of these efficient and clean vehicles (EVs and with Hydrogen Stacks) and the uncertainty of the price of supply, as this may increase if there is a growing demand on the nets that feed them. If this scenario materializes the consumer will have little economic

advantage but there will be enormous improvements to life, and a guarantee of sustainable development.

Finally, a proposal [Loureiro, 2016] for the production of decentralized electrical energy is presented and can work with any engine that is preferably efficient and clean. The main advantage of the proposed energy system is to be hybrid, in order to compensate for the lack of availability / seasonality of the hydraulics, and also to obviate the irregularity in the direction and intensity typical of renewable sources wind, and solar. The proposed system is different from those presented in the literature because it also harnesses a form of energy that exists anywhere in the earth - the gravitational potential energy (EPG) combined with the renewable energy sources, or with others available anywhere, especially in remote sites and in areas where cataclysms occur.

The technical specifications of the proposed hybrid energy system were presented by the author (Loureiro, 2014 to 2016). Tests conducted in 2015 with a portable and low-power prototype encouraged the introduction of improvements to increase the overall power and efficiency of the proposed hybrid power system, but these mechanical and electrical changes have not yet been introduced into the prototype.



Fig. 1 - Air pollution in great cities of the world.

REFERENCES

- [1]-Stevens S, Deliège G., Driesen J, Belmans R. A, Hybrid high speed Electrical Micromachine for Micro scale Power Generation, IEEE (2005) 1135-1142.
- [2]-Mostafa A-G, Iham FZ, Mohammed A, Sohair FR, Modeling and Simulation of a Hybrid Power Generation System of Wind turbine, Micro-turbine and Solar Heater Cells, IEEE-ICCA (2014) 1304-1309.
- [3]-Hossam AG, Mohamed EH, Saady GE, El-Nobi AI, Supervisory Controller for Power Management of AC/DC Microgrid, IEEE-SEGD (2016) 147-152.
- [4]-Loureiro J. A. N., Design for Decentralized Power Generation, M2D2015.
- [5]-Loureiro J. A. N., Development of a new system for load lifting. IRF2016.

ARTIGO REF: 6937

FORNO HÍBRIDO GÁS/MICROONDAS PARA SÍNTESE DE PORCELANAS

Luís Cadillon Costa^{1(*)}, Tiago Santos^{1,2}, David Furtado¹, João Marinheiro², Francisco Proença²

¹IN e Departamento de Física, Universidade de Aveiro, 3810-193 Aveiro, Portugal

²Porcelanas da Costa Verde S.A., 3844-909, Vagos, Portugal

(*)*Email*: kady@ua.pt

RESUMO

A indústria cerâmica é consumidora intensiva de energia. O facto de os seus produtos adquirirem as propriedades pretendidas só após uma etapa de cozedura a alta temperatura representa uma das componentes mais relevantes na competitividade das empresas deste sector. Entre as principais necessidades de energia, estão a energia térmica, necessária na secagem e cozedura, e a energia eléctrica, necessária em diversos processos produtivos internos. O consumo de energia térmica representa actualmente cerca de 85% do consumo total de energia de uma empresa, sendo o gás natural o combustível mais utilizado em instalações industriais. O custo do gás, dependente das variações constantes do preço do petróleo, traduz-se num valor elevado da factura energética das empresas, o que tem evidenciado a necessidade premente de aumentar a eficiência energética dos processos produtivos.

Estes custos são particularmente importantes no subsector da louça decorativa e utilitária, posicionado num contexto de forte concorrência externa.

Os diversos subsectores da indústria cerâmica, equipados com secadores e fornos de alta temperatura, têm assim um consumo de energia elevado, o que constitui uma parcela importante dos custos totais de produção e que é variável em função do tipo de produto - alvenaria, cerâmica de acabamento, louça decorativa e utilitária.

Assim, e apesar da economia de energia conseguida nas últimas décadas, a indústria cerâmica continua a procurar e a implementar novas tecnologias mais eficientes, de forma a poder limitar a pressão crescente exercida pelo aumento dos custos associados.

É neste contexto, e especificamente nos processos de cozedura de porcelana decorativa e utilitária, que se aplica a radiação de microondas no processamento de cerâmicos a temperaturas elevadas, como forma alternativa e complementar à tecnologia baseada em gás. As especificidades do aquecimento resultante da absorção de microondas permitem antever tempos de processamento mais curtos, e mesmo a redução da temperatura de cozedura [1,2].

Numa primeira etapa foram estudadas as propriedades eléctricas das porcelanas, no sentido de perceber a possibilidade de absorção de radiação de microondas. Para tal, foi utilizado o método de cavidade ressonante, que permite calcular a permitividade complexa de materiais. Os valores obtidos permitem concluir que a radiação de microondas é fracamente absorvida à temperatura ambiente pelas porcelanas. Este facto obriga à utilização bases de carboneto de silício, que absorvendo a radiação de microondas à temperatura ambiente funciona como um susceptor. Quando a temperatura das peças atinge cerca de 600 °C, a absorção passa a ser importante, e consequentemente a radiação de microondas é suficiente para promover a cozedura das peças de porcelana.

O estudo pormenorizado da distribuição do campo electromagnético e da distribuição de temperaturas em peças de porcelana, no interior de um forno, foi efectuado, utilizando o programa COMSOL [3].

A solução proposta consiste num forno híbrido contínuo, com 8 queimadores a gás e 40 magnetrons de 800 W cada, com um sistema de refrigeração próprio. Inclui um sistema de controlo e monitorização da temperatura no interior do forno, localizado em pontos estratégicos utilizando um autómato com a possibilidade de escolha do tipo de controlo, manual, automático ou semiautomático, tanto no controlo da queima do gás como na potência e na homogeneização da radiação de microondas. Tem incorporado um sistema de portas “corta-irradiações” que permite o funcionamento em modo contínuo. Para monitorizar as temperaturas em pontos no interior do forno são utilizados vários conjuntos de termopares.

Como refractário é utilizado material mais nobre, transparente à radiação de microondas.

Os testes efectuados mostram uma redução de gasto de energia de 4%, mantendo as propriedades pretendidas para as peças de porcelana. Raios-X, microscopia electrónica de varrimento e testes de absorção de água foram técnicas utilizadas para caracterizar as peças cerâmicas cozidas no forno.

O trabalho foi efectuado, no âmbito de um projecto financiado, CerWave: Demonstração do processo de cozedura de porcelana por gás-microondas, cujo código de operação é POCI-01-0247-FEDER-006410.



Fig. 1- Forno híbrido gás/microondas.

REFERÊNCIAS

- [1]-T. Santos, L.C. Costa, L. Henrietier, M.A. Valente, J. Monteiro, J. Sousa, “Microwave processing of porcelain tableware using a multiple generator configuration”, Appl. Therm. Eng. 50 (2013), 677-682.
- [2]-J. Monteiro, T. Santos, M. A. Valente, J. Sousa, L. C. Costa, “Microwave radiation: an alternative method to sinter utilitarian porcelain”, IEEE MTT-S (2011), 561-564.
- [3]-J. Monteiro, M. A. Valente, T. Santos, L. C. Costa, J. Sousa, “Simulating the electromagnetic field in microwave ovens”, IEEE MTT-S (2011), 493-497.

ARTIGO REF: 6947

CÓDIGO TERMO-HIDRÁULICO PARA ANÁLISE DO FENÓMENO DE REMOLHAMENTO NA SIMULAÇÃO EXPERIMENTAL DE REATORES NUCLEARES À ÁGUA PRESSURIZADA (PWR)

Amir Zacarias Mesquita^(*), Sabrina Priscila Alves Silva, Hugo Cesar Rezende, Maritza Rodriguez Gual
Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear/ Comissão Nacional de Energia Nuclear (CDTN;CNEN) -
Belo Horizonte, Brasil
^(*)*Email:* amir@cdtn.br

RESUMO

A segurança das centrais nucleares é determinada em função de sua proteção contra as consequências que podem decorrer de acidentes postulados. Um dos acidentes mais sérios é a perda de refrigerante no núcleo (*Loss of Coolant Accident* - LOCA) [Todreias & Kazimi, 1990]. Na ocorrência deste acidente, mesmo após o reator ser desligado, é necessário manter a circulação do refrigerante, para a retirada do calor residual (cerca de 7% do calor produzido no momento do desligamento) dos elementos combustíveis [Bankoff & Afgan, 1982]. Caso o núcleo não seja devidamente resfriado, as barras de combustível correm o risco de se fundirem. O líquido fundido pode perfurar o vaso do reator, a contenção e liberar produtos de fissão para o ambiente externo à central. Fora da usina, os produtos liberados contaminariam a área próxima e as consequências biológicas causadas seriam muito grandes. Este tipo de evento tem recebido bastante destaque na imprensa nos últimos anos devido ao acidente ocorrido nos reatores da central de Fukushima no Japão [Veiga, 2011].

Um processo de fundamental importância na ocorrência de um acidente com perda de líquido refrigerante LOCA (*Loss of Coolant Accident*), em reatores nucleares refrigerados a água pressurizada (*Pressurized Water Reactor* - PWR) é a reinundação do núcleo ou o remolhamento dos combustíveis nucleares. Na ocorrência de um LOCA é necessário evitar que a temperatura do núcleo do reator atinja níveis inaceitáveis e restaurar o processo de resfriamento do mesmo, restabelecendo a remoção de calor adequada e o contato entre o líquido e a superfície aquecida.

Durante as décadas de 70 e 80 foram desenvolvidos diversos trabalhos para a descrição e análise do processo de Reinundação e Remolhamento do combustível nuclear na ocorrência de um LOCA. Nesta época foi também projetada, montada e comissionada no Laboratório de Termo-hidráulica do CDTN, uma Instalação de Testes de Remolhamento (ITR) que tinha por objetivo investigar os fenômenos termo-hidráulicos envolvidos na fase de reinundação de um LOCA [Rezende, 1985]. Para complementar o processo de comissionamento da Instalação de Testes de Remolhamento, confrontou-se os resultados obtidos em dois testes típicos com os resultados previstos pelo código Hydroflut (código alemão de simulação do fenômeno de remolhamento, desenvolvido na década de 60 pela empresa alemã Kraftwerk Union, KWU).

O Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN), instituição de pesquisa da Comissão Nacional de Energia Nuclear CNEN/Brasil vem desenvolvendo desde a década de 70 programas para permitir que o Brasil possa se tornar independente no campo da análise de segurança de reatores. Com esse intuito, nos anos 80 foi projetada, montada e comissionada uma Instalação de Testes de Remolhamento, no Laboratório de Termo-hidráulica deste Centro. Esta instalação tem por objetivo investigar os fenômenos termo-hidráulicos

envolvidos na fase de reinundação de um Acidente de Perda de Refrigerante em um reator nuclear PWR. Como seqüência a este trabalho, sentiu-se a necessidade de se desenvolver um código termo-hidráulico que derivasse de uma análise teórica consistente e fosse capaz de simular as condições de testes da instalação.

Este trabalho tem por objetivo mostrar os resultados dos modelos físicos e matemáticos que regem o fenômeno de remolhamento, bem como o desenvolvimento de um código termo-hidráulico de simulação de um circuito experimental representativo dos canais de refrigeração do núcleo de reatores PWR. Através da realização deste trabalho foi possível analisar a equação do balanço de energia aplicada a um modelo simplificado de um elemento combustível nuclear

A equação foi escrita na forma de uma Equação Diferencial do Segundo Grau não Homogênea Normal com Coeficientes Constantes. Para isso foi necessário transladar o sistema de referências inicial (que era a base da seção de testes) para o referencial da frente de remolhamento. A partir desta mudança foi possível analisar os modos de transferência de calor para três regiões principais na qual a seção de testes foi dividida (região seca, região de ebulição de transição e região molhada). A equação diferencial foi resolvida pelo Método dos Coeficientes a Determinar e foram encontradas as equações respectivas de cada região. Para escrever o código usando a solução da equação do balanço de energia, foi necessário também encontrar em estudos empíricos equações que descreviam as temperaturas de contorno estabelecidas pelas regiões analisadas.

De posse de todos os resultados foi possível elaborar e desenvolver um código denominado REWET. E, por meio deste código, pôde-se simular o fenômeno de remolhamento utilizando os parâmetros da Instalação de Testes de Remolhamento. Os resultados obtidos com o REWET foram comparados com os resultados experimentais da ITR e também com os resultados do código Hydroflut. Foi feita uma análise da evolução da temperatura de parede da seção de testes, bem como da evolução da frente de remolhamento para dois testes típicos utilizando os resultados dos dois códigos e da instalação experimental.

Na análise da evolução da frente de remolhamento para dois testes típicos houve momentos em que a curva descrita pelo código REWET se distanciou mais dos resultados experimentais que o código Hydroflut. Entretanto, em certas regiões dos gráficos as curvas experimentais e simuladas pelo REWET, praticamente se sobrepuseram. O resultado final para o tempo de remolhamento simulado pelo REWET também se aproximou mais dos resultados experimentais que aqueles calculados pelo Hydroflut.

Foi calculado também o desvio percentual da curva obtida pelo código REWET e pelo Hydroflut em relação à curva experimental. Para todos os casos o código REWET apresentou um menor desvio percentual que o código Hydroflut. Os resultados encontrados para o Teste 2 também foram melhores que os resultados encontrados para o Teste 1.

REFERÊNCIAS

- [1]-Bankoff, S. G., Afgan, N. H. Heat Transfer in Nuclear Reactor Safety. New York: Mc Graw-Hil, 1982.
- [2]-Rezende, H. C. Projeto, montagem e comissionamento de uma instalação de testes de remolhamento. Belo Horizonte: CDTN/CNEN, 1985.
- [3]-Todreas, N. E., Kazimi, M. E. Nuclear Systems I. Thermal Hydraulic Fundamentals. Michigan: Hemisphere, 1990.
- [4]-Veiga, J. E. Perspectiva nuclear pós-Fukushima. *Política Externa*, p.153-159, 2011.

ARTIGO REF: 6960

DESENVOLVENDO “PULSER PUMP” NA MATRIZ DE PICO HÍDRICAS EM MOÇAMBIQUE

D. Guila, Fábio Cumbe, Jorge Nhambiu, Geraldo Nhumaio^(*)

Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, Moçambique

^(*)Email: geraldo.nhumaio@talk21.com

RESUMO

O trabalho, visa o desenvolvimento de um protótipo de uma bomba “pulser” (Pulser Pump) baseado no modelo de Brian White [1], como uma tecnologia recente e fonte renovável de energia para a bombagem de água. A concepção é, porquanto, inicial em Moçambique, prevendo-se que numa altura em que a bomba estiver estabelecida, se possa pautar por um programa de disseminação da tecnologia. O trabalho encontra-se em adaptação a recursos locais (de fácil acesso), ao que se espera que seja uma iniciativa de fácil implementação num programa alargado de promoção de PICO-Hídricas (instalações hídricas que desenvolvem potências até 5 kW) em Moçambique. No modelo inicial, espera-se recalque até alturas geodésicas de 2 metros.

História

A bomba de geração de impulsos (“*Pulser Pump*”) é um simples dispositivo mecânico, propellido por um córrego de água ou riacho, que não possui partes móveis ou mecânicas. Instalada perto de um córrego de água ou riacho, a bomba de geração de impulsos pode bombear água a uma altura acima do nível da corrente. A propulsão é realizada pela queda de água de um nível superior para outro inferior, onde a água, é admitida com alguma fracção de ar à entrada da conduta de sucção. No diafragma, a mistura menos densa “água e ar” é propelida para alturas consideráveis, através da conduta de recalque, dada a diferença de densidades entre as fases “descontínua”, na

conduta de sucção, e “contínua”, na conduta de descarga (Fig. 1). Trata-se de um dispositivo elevatório, que permite que, recolhendo-se o fluido para um reservatório na cota de propulsão máxima, a água, é posteriormente propelida, por gravidade, para fins de irrigação (ou outros fins)

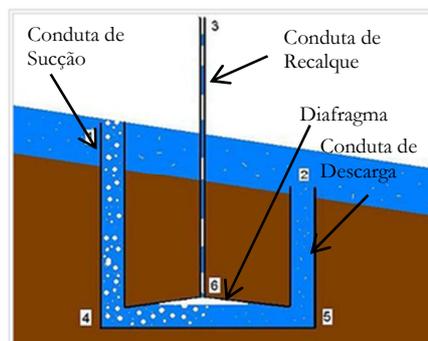


Fig. 1 - Esquema de “pulser pump”

Objectivos

O objectivo cimeiro, é implementar uma tecnologia recente (desenvolvida há 26 anos) na matriz de pico-hídricas, como parte das energias renováveis. De uma forma específica pretende-se:

- proporcionar alternativas de baixo custo para a impulsão de água, para a irrigação, começando por um protótipo de fácil replicação;
- realizar ensaios, com o protótipo produzido, e avaliar o impacto técnico-económico de implementação em diversas zonas de Moçambique;
- permitir o desenvolvimento da área de pico-hídricas para, trabalhos futuros/continuados de estudantes e investigadores em Moçambique.

Modelo experimental

A Figura 2, ilustra a história do surgimento da bomba “pulser”. Na bomba de emulsão de ar (Figura 2 (a)), o ar, ao entrar no tubo de aspiração (tubo adutor), mistura - se com a água, e esta mistura ou emulsão, possuindo menor peso específico que o da água, é recalçada pela própria água do poço, dada a diferença de pressões hidrostáticas fora e dentro do tubo. A bomba de bolhas (Figura 2 (b)), consiste num sistema fechado. Em geral, um refrigerante com um ponto de ebulição inferior à da água, é misturado com o fluido. Depois que a mistura é compactada, é aquecida, causando bolhas, formadas a partir do refrigerante. As bolhas do refrigerante, em seguida, empurram a água no tubo da bomba, como a “Pulser Pump”.

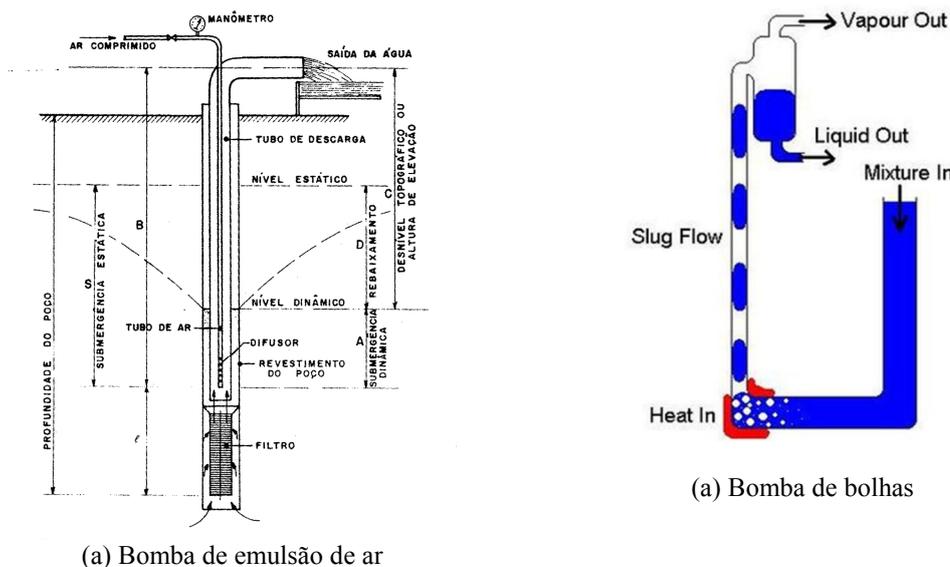


Fig. 2 - História da concepção da bomba “pulser”

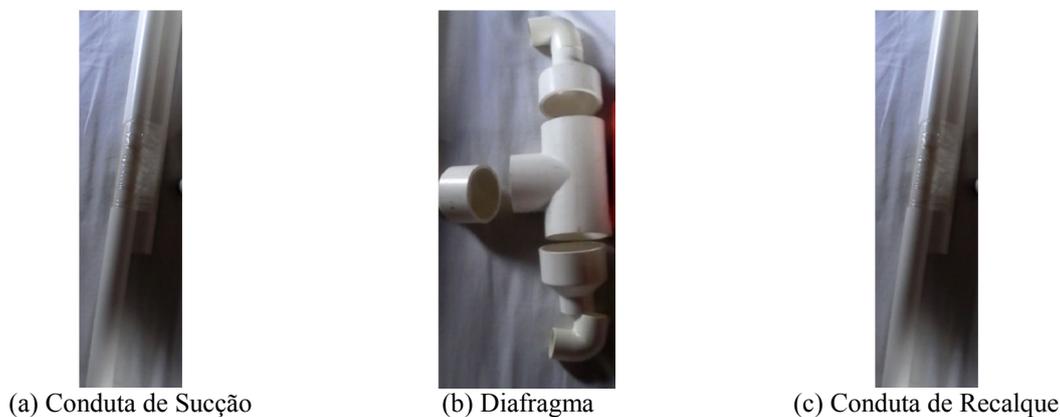


Fig. 3 - Materiais adquiridos localmente [2]

REFERÊNCIAS

[1]-Brian White, "The Pulser Pump". <http://members.tripod.com/nxtwave/gaiatech/pulser/projects.htm>. Acedido Novembro de 2016.

[2]-Guila D. e Nhumaio G., (2016), Projecto e Construção de um Protótipo de uma “Bomba Pulser”, Universidade Eduardo Mondlane, Dep¹⁰ de Engenharia Mecânica. Maputo.

ARTIGO REF: 7018

IMPLANTAÇÃO DAS REDES ELÉCTRICAS INTELIGENTES EM MOÇAMBIQUE: POR ONDE COMEÇAR?

Nelson M.A. Chapala^(*)

Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, Moçambique

^(*)Email: nelsonchapala92@gmail.com

RESUMO

O artigo traz um levantamento sobre o desenvolvimento de Redes eléctricas Inteligentes (*smart grid* em Inglês) no mundo, com objectivo de apresentar uma visão sobre as possibilidades e desafios iniciais a serem vencidos para implementação de novas tecnologias na rede eléctrica moçambicana. Para o desenvolvimento do artigo, foi feito um levantamento bibliográfico do panorama mundial da tecnologia. Como resultado do levantamento bibliográfico, entende-se que o conceito de redes eléctricas inteligentes (REIs) ficou mais claro a partir do ano de 2005 e está evoluindo. Porém, REIs é a transmissão da energia eléctrica com a utilização de comunicações através de banda larga, sensores e computadores garantindo uma melhor eficiência, confiabilidade, transparência e segurança no seu fornecimento (FRACARI, 2015).

Para os países que já aderiram a tecnologia estão com projectos-pilotos e os objectivos para a sua implantação variam de um país para outro (BANDEIRA, 2012). A tecnologia proporciona vários benefícios não só para as empresas energéticas, mas também, para os clientes (FRACARI, 2012). Das literaturas consultadas admite-se que, a maior preocupação para a valorização desta tecnologia é a criação de uma rede que não dependa apenas duma fonte de geração, mas sim uma rede compatível a todas fontes (Figura 1).

Do momento, talvez Moçambique não esteja em altura de implantar esta tecnologia, não apenas porque os países desenvolvidos ainda estão na fase inicial, mas também, porque os custos financeiros para a sua implementação são elevados (vede tabela 1).

Tabela 1: Principais Investimentos e estimativas para os próximos anos

País	Investimentos em dólar (em 2010)	Estimativas de Investimentos em dólar (próximos anos)
Austrália	360 milhões	240 bilhões até 2030
China	7,3 bilhões	100 bilhões até 2016)
Correia do Sul	824 milhões	24 a 30 bilhões até 2030
EUA	7,09 bilhões	1,5 trilhões até 2030
Japão	849 milhões	1,7 trilhões até 2030
União Europeia	1,76 bilhões	1,88 trilhões até 2030

Fonte: (Estratégicos, 2012).

Admite-se que é oportuno a implementação de redes eléctricas inteligentes em Moçambique, visto que, seria uma boa alternativa para suprimir o desperdício da energia eléctrica, principalmente o roubo. Por mais que existam as presumíveis dificuldades para a implantação das REIs em Moçambique, considera-se importante começar com as discussões em torno delas nas instituições de ensino superior e sectores eléctricos, implantação de laboratórios para testes e aquisição de experiências nos países que já começaram a implementar.

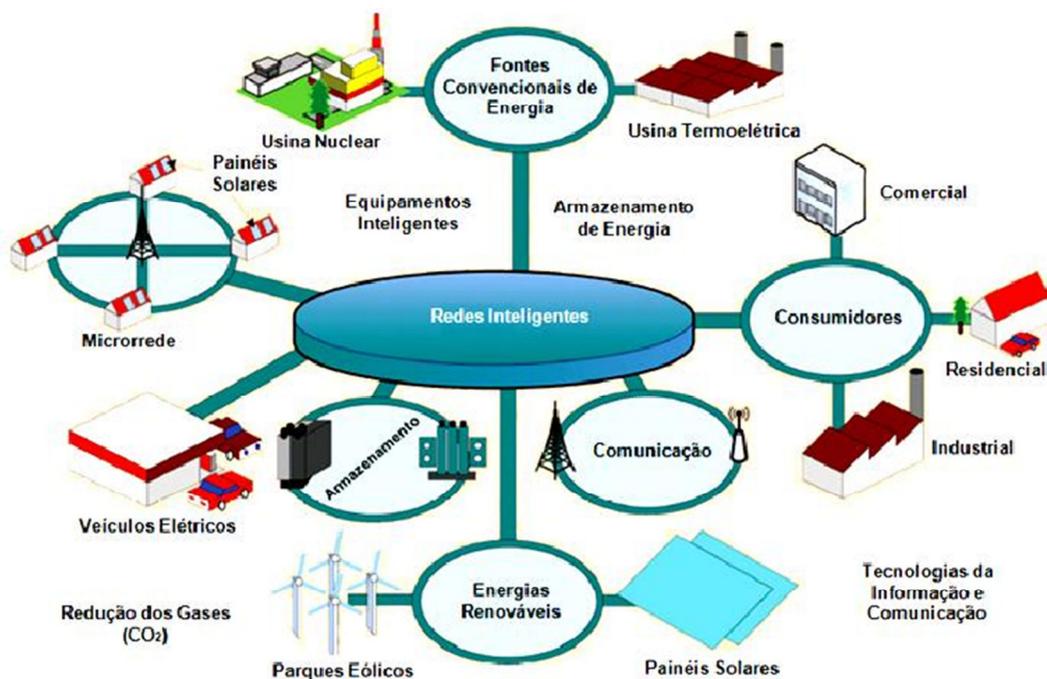


Fig. 1 - Estrutura e recursos de uma rede inteligente (Barros *et al.*, 2013)

REFERÊNCIAS

- [1]-Bandeira, F. d. (2012). Redes de Energia Eléctrica Inteligente (Smart grid). Revista Digital da Câmara dos Deputados. Brasil.
- [2]-Barros, J., Antunes, F., Cavalcanti, C., Sampaio, R., Leão, R., Almada, J., *et al.* (2013). Panorama sobre as Iniciativas Nacionais em Redes Inteligentes. Décimo Quinto Encontro Regional Ibero-americano do CIGRÉ. Foz do Iguaçu-PR, Brasil.
- {3[-Estratégicos, C. D. (Dezembro de 2012). Redes Eléctricas Inteligentes: Contexto Nacional. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Brasília.
- [4]-Fracari, F. (2015). Smart Grid: Uma Nova Forma de Controle de Energia. IMED. Santa Maria.

PROCEEDINGS CLME2017 / V CEM

**8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia
V Congresso de Engenharia de Moçambique
Maputo (Moçambique), 4-8 Setembro 2017**

SIMPÓSIO-16

Optimização para o Desenvolvimento Sustentável

Coordenadores

Carlos C. António^(*) e Catarina F. Castro^(*)
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Porto, Portugal

^(*)Editores Associados para os artigos deste Simpósio

ARTIGO REF: 6505

LOGÍSTICA INVERSA: ESTUDO EXPLORATÓRIO EM PORTUGAL

Maria José Varadinov^{1(*)}, José Alves Ribeiro², Cristina Dias¹, Sérgio Rubio Lacoba²

¹Instituto Politécnico de Portalegre (ESTG), C3i - Portalegre, Portugal

²Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Depart. Eng^a de Materiais (CITAB) - Vila Real, Portugal

³Universidad de Extremadura, Escuela de Ingenierías Industriales - Badajoz, Espanha

(*)*Email*: dinov@estgp.pt

RESUMO

Apesar de ainda ser um conceito relativamente recente, a investigação sobre logística inversa já percorreu um longo caminho nos últimos 15 anos. No entanto, ainda há aspetos que exigem um maior esforço de investigação por parte da comunidade académica. Entre essas questões encontra-se a forma como as empresas implementam sistemas de logística inversa ou desenvolvem atividades de recuperação de produtos em fim de vida, especificamente, quais são as razões para o desenvolvimento destes sistemas, quais os fatores que favorecem a sua implementação e que barreiras podem ser identificadas. Para isso, foi enviado um questionário a uma amostra representativa das empresas portuguesas, a fim de obter informações quantitativas permitindo tirar conclusões sobre as questões de pesquisa levantadas. Os resultados permitem não apenas descrever a situação da logística inversa, mas também enfatizar a importância que as empresas atribuem às razões descritas na literatura como razões para a sua implementação.

1. INTRODUÇÃO

A literatura sugere que as práticas de gestão das cadeias de abastecimento podem atualmente apresentar uma área emergente onde as empresas vão competir (Markley e Davis, 2007; Rao e Holt, 2005; Zhu e Sarkis, 2004). Com a modernização do mundo, o valor colocado no ser-se ambientalmente consciente cresce. Stindt e Sahamie (2014) referem que a produção, distribuição e consumo de produtos impactam negativamente o ambiente de muitas maneiras e as pressões legais e dos clientes forçam as empresas a ampliar a sua perspectiva de incorporar metas ambientais no seu balanço. Assim, a forma de enfrentar os desafios enunciados é através da implementação de estratégias inversas por parte das empresas. Desta forma, a aplicação da logística inversa pode levar a benefícios económicos pela recuperação dos produtos devolvidos para a reutilização, refabricação, reciclagem, ou uma combinação destas opções para acrescentar valor ao produto (Sharma, Panda, Mahapatra e Sahu (2011). Keyvanshokoh, Fattahi, Seyed-Hosseini e Tavakkoli-Moghaddam (2013) referem que através de um apropriado e eficiente design da rede logística se conseguem vantagens económicas no uso dos produtos devolvidos, na melhoria da satisfação dos clientes, no aumento da quota de mercado, redução de custos e valor acrescentado da rede logística.

Perante o exposto, pretende-se verificar qual a importância que os gestores portugueses estão a dar à implementação da logística inversa, através de um estudo exploratório, e observar os fatores que favorecem e que dificultam o desenvolvimento destes sistemas de logística inversa.

2. METODOLOGIA

A definição da amostra teve como âmbito geográfico o território português. Para tal, consideraram-se as empresas registadas na base de dados do Instituto Nacional de Estatística, Empresas em Portugal - 2012 (2014), podendo ser consultada em www.ine.pt, cuja fonte é o Sistema de Contas Integradas das Empresas. Esta base de dados regista as organizações que no âmbito das operações residem em Portugal e estão entre as 100 empresas que mais faturam no território português em cada setor, num total de 15 setores, tal como empresas do setor editorial, fabricantes de produtos semi-fabricados, empresas de informática – eletrónica e comunicação, transporte e logística, alimentação e bebidas, construção, indústria química e farmacêutica, indústria de veículos automóveis, reciclagem, entre outros. Da base de dados foram selecionadas as empresas que indicavam o contacto email válido. A amostra selecionada correspondeu, assim, a um total de 576 empresas. O inquérito foi realizado através da ferramenta do Google Docs, que permite criar questionários online, disponível em <http://www.google.com/docs/about/> e que possibilitava também criar a obrigatoriedade de responder a todas as questões necessárias para que o inquérito pudesse ser finalizado, enviado diretamente para uma base de dados, e, assim, validar o questionário. O inquérito foi enviado entre Outubro de 2014 e Fevereiro de 2015, para os emails disponíveis, obtendo-se um total de 59 respostas validadas, correspondendo a uma taxa de resposta de 10,2%.

Das empresas inquiridas e em termos de sector de atividade, o maior número de empresas pertence às indústrias alimentares (19,6%), indústria das bebidas (11,8%) e fabricação de pasta, de papel, de cartão e seus artigos (7,8%). Em 2013, 67% das empresas inquiridas possuem até 250 colaboradores, 22% situam-se entre os 250 e 1000 trabalhadores e apenas 11% das empresas tem mais de 1000 colaboradores. A maioria das empresas inquiridas tinha uma faturação superior a 10 000 000 euros, enquanto as restantes, cerca de aproximadamente 24% das empresas tiveram uma faturação inferior a 2 000 000 euros e 20% entre 2 000 000 euros e 10 000 000 euros. Aproximadamente 56% das empresas detinha menos de 2 filiais, cerca de 32% continha entre 2 e 10 filiais e apenas 13% das empresas possuía mais de 10 filiais. Cerca de 26% das empresas referiu a existência de filiais, sendo a percentagem média aproximada da(s) atividade(s) realizada(s) fora de Portugal entre 39% a 44%. Relativamente à constatação da existência de um sistema de certificação ISO 14000, que estabelece diretrizes sobre a área de gestão ambiental dentro da empresa, verifica-se que aproximadamente 60% das empresas possuem essa certificação.

3. RESULTADOS

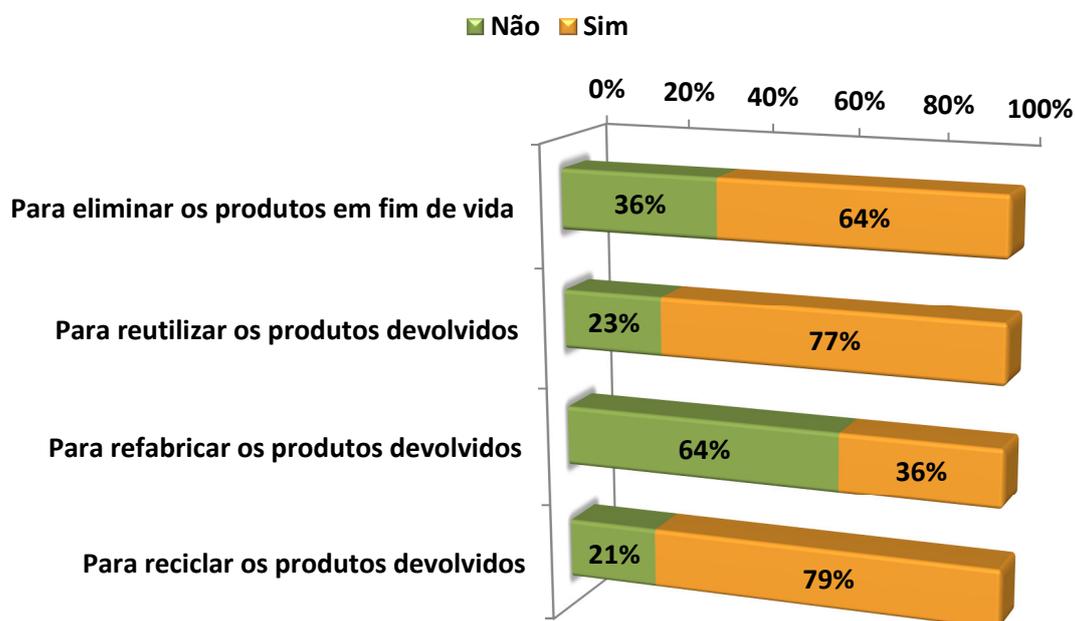
3.1 Conhecimento do conceito de logística inversa

Neste ponto pretende-se avaliar qual o conhecimento dos inquiridos sobre o conceito de logística inversa, quais as empresas que implementaram um sistema de logística inversa e os seus objetivos. Observa-se que em 71,2% das empresas inquiridas existia conhecimento na empresa do conceito de logística inversa e 64,4% das empresas incluídas na investigação possuem um sistema de logística inversa já implementado. No gráfico 1 visualizam-se os objetivos da implementação de um sistema de logística inversa pelas empresas que o haviam implementado. Constata-se que os motivos referidos com maior frequência pelas empresas foram a reciclagem e a reutilização dos produtos devolvidos, com aproximadamente (71%) para ambas as atividades. A eliminação dos produtos em fim de vida obteve cerca de (61%) e

a atividade referida com menor frequência foi o item relativo à refabricação dos produtos devolvidos, com cerca de (32%) das respostas.

As empresas que responderam que utilizavam apenas uma atividade correspondem a cerca de 24%. Destas, 44% das empresas utilizava apenas a atividade eliminação dos produtos, 33% utilizava a atividade de reutilização dos produtos e as restantes 22% utilizava apenas a atividade de reciclar como motivo para implementarem sistemas de logística inversa. As empresas que responderam duas atividades para a implementação do sistema de logística inversa correspondem a cerca de 29% das respostas. A maioria das atividades realizadas corresponde à combinação de reutilização e refabricação com cerca de 36%, seguido da combinação entre eliminar e reciclar (27%), refabricar e reciclar corresponde a 18% e apenas 9% das empresas tem como atividades a combinação entre reutilizar e reciclar. As empresas que atribuem a implementação dos sistemas de logística inversa a três atividades essenciais correspondem à maioria das respostas, cerca de 34%. Destas, a maioria utiliza as atividades de eliminação, reutilização e reciclagem, cerca de 69%. As atividades apontados com a reutilização, refabricação e reciclagem correspondem a 23% das respostas e apenas 8% apontam as atividades de eliminação, refabricação e reciclagem. Constata-se também que a refabricação não é uma atividade com relevância para as empresas inquiridas, conforme comprovado também pelo estudo de casos. Porém, é relevante que 33% das empresas realizem atividades de recuperação do valor dos produtos fora de uso.

Gráfico 1 - Objetivos da implementação do sistema de logística inversa



No que respeita à importância do sistema de logística inversa para satisfazer o cliente, observou-se que em 74,6% das empresas é referenciada essa mesma importância. Estes resultados estão em conformidade com os resultados obtidos da análise da bibliografia (Rahman e Subramanian, 2012; Kapetanopoulou e Tagaras, 2011; Subramanian et al., 2011; Autry et al., 2001, entre outros). Relativamente à percepção que as empresas possuem do facto de a concorrência ter implementado um sistema de logística inversa, do total dos inquiridos,

somente 28,8% dos mesmos referem que a concorrência possui um sistema de logística inversa e 59,3% não sabe ou não responde. Verifica-se que as empresas não estão a dar a devida relevância às atividades realizadas pela concorrência. Denota-se, assim, uma desatenção por parte da gestão relativamente às práticas de logística inversa, que tradicionalmente e segundo Sharma, et al. (2011), são praticadas por causa da imposição legislativa ou das pressões das organizações ambientais, e não por motivos económicos, demonstrando igualmente a falta de consciência dos benefícios da logística inversa.

3.2 Pró-atividade das empresas perante a logística inversa

Neste ponto pretende-se verificar se as empresas inquiridas atuam de uma forma proactiva em relação à implementação de sistemas de logística inversa, através de seis itens. A medição foi realizada através de uma escala de Likert de 5 pontos, que compreende o 1, “totalmente em desacordo”, 2 “em desacordo”, 3 a posição de indiferente “não discorda nem concorda”, 4 “de acordo” e 5 “totalmente de acordo”.

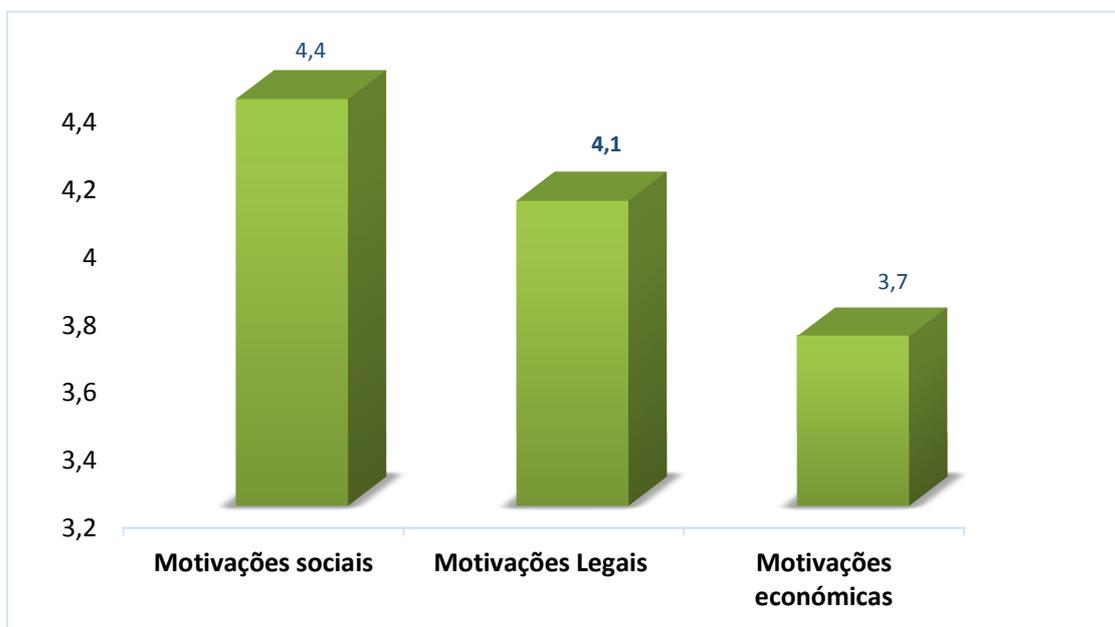
Em termos gerais as empresas atribuem importância aos diferentes itens do pró-atividade perante a logística inversa sendo os *scores* médios de importância mais elevados nos itens “Em geral, a direção de topo acredita que, dada a natureza ambiental, é necessário atuar com coragem e audácia para atingir os objetivos da organização” ($3,9 \pm 1,1$) e “É importante a obtenção de vantagens competitivas ($3,9 \pm 0,9$). O item “É muito frequente que a minha organização seja a primeira empresa a introduzir novos produtos/serviços, técnicas administrativas, tecnologias de operação, etc.” apresentou *scores* médios de concordância moderados ($3,2 \pm 1,2$), sendo o item que revelava *scores* de importância mais baixos.

Tabela 1 - Pró-atividade perante a logística inversa

Item	Média	DP
É importante a obtenção de vantagens competitivas	3,9	0,9
Em geral, a direção de topo acredita que, dada a natureza ambiental é necessário atuar com coragem e audácia para atingir os objetivos da organização.	3,9	1,1
A política da minha empresa é proactiva relativamente aos materiais recolhidos dos clientes (damos-lhe muita importância).	3,8	1,2
Comparando com os seus competidores, a minha organização adota um posicionamento no mercado muito competitivo.	3,7	1,1
Relativamente a anos anteriores, a política da minha empresa no que se refere aos materiais recolhidos dos clientes é agora mais proactiva.	3,7	1,2
É muito frequente que a minha organização seja a primeira empresa a introduzir novos produtos/serviços, técnicas administrativas, tecnologias de operação, etc.	3,2	1,2
Média	3,7	1.1

Dos resultados apresentados relativamente às motivações económicas, sociais e legais, para a implementação de processos de logística inversa, verifica-se que a importância média dos itens dos fatores mais elevada exposta no gráfico 5 é apresentada nos fatores sociais com 4,4 e um desvio-padrão inferior de 0,7, seguida dos fatores legais (4,1 ± 0,8) e por fim os fatores económicos (3,7 ± 0,9).

Gráfico 2 - Motivações na logística inversa



A significância do teste Anova (tabela 2) de medidas repetidas indica que as relevâncias dadas pelas empresas às motivações económicas, sociais e legais para a implementação de processos de logística inversa são significativamente diferentes, $F(1,37) = 3933,096$, $p = ,001$.

Tabela 2 - Anova

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	3251,243	1	3251,243	3933,096	0,001***
Error	30,586	37	0,827		

*** $p \leq ,001$

Os testes de comparação múltipla (tabela 3) indicam que as empresas dão significativamente mais relevância às motivações sociais do que às motivações económicas (4,4 vs 3,7, $p=0,001$) e mais relevância às motivações sociais do que às motivações legais (4,4 vs 4,1, $p = 0,001$).

Tabela 3 - Comparações múltiplas dos fatores

(I) factor1	(J) factor1	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
Motivações Económicas	Mot. Sociais	-0,589*	0,110	0,000***
	Mot. Legais	-0,143	0,119	1,000
Motivações Sociais	Mot. económicas	-0,589*	0,110	0,000***
	Mot. legais	0,447*	0,069	0,000***
Motivações Legais	Mot. económicas	0,143	0,119	1,000
	Mot. sociais	0,447*	0,069	0,000***

*** $p \leq ,001$

3.3 Preocupação com a qualidade do produto/serviço

Relativamente à “Preocupação com a qualidade do produto/serviço” (tabela 4), observa-se a atribuição de importância moderada a alta nos itens incluídos nesta escala. Os níveis médios de importância mais elevados foram apresentados nos itens “A opinião dos clientes é importante para a minha empresa” ($4,3 \pm 0,7$) e “Importância da logística inversa na melhoria da qualidade de serviço” ($3,9 \pm 0,8$). Os níveis médios de importância mais baixos foram expostos pelos itens “Importância da logística inversa na variedade de produtos” ($3,3 \pm 0,9$) e “Importância da logística inversa na rapidez de entrega (tempo)” ($3,4 \pm 0,9$).

Tabela 4 - Preocupação com a qualidade do produto/serviço

Item	Média	DP
A opinião dos clientes é importante para a minha empresa	4,3	0,7
Importância da logística inversa na melhoria da qualidade de serviço	3,9	0,8
Importância da logística inversa nas políticas de devoluções (produtos recolhidos)	3,8	0,8
A satisfação dos clientes implica custos acrescidos	3,7	0,9
Importância da logística inversa na rapidez de entrega (tempo)	3,4	0,9
Importância da logística inversa na variedade de produtos	3,3	0,9

3.4 Desempenho empresarial nos últimos 3 anos

As estatísticas descritivas dos cinco itens que constituem a escala de “Desempenho empresarial” nos últimos 3 anos são apresentadas na tabela 5.

Tabela 5 - Desempenho empresarial nos últimos 3 anos

Item	Média	DP
A quota de mercado da empresa em relação aos principais produtos e mercados.	4,0	0,9
O crescimento das vendas dos principais produtos e mercados.	4,0	0,9
A rentabilidade da empresa medida pelos benefícios sobre as vendas (percentagem de benefícios sobre a faturação).	3,9	0,8
A rentabilidade da empresa medida pelos benefícios sobre os ativos (rentabilidade Económica ou ROA).	3,7	0,8
A rentabilidade da empresa medida pelos benefícios sobre os recursos próprios (Rentabilidade financeira ou ROE).	3,6	0,8
Média	3,8	0,8

Observa-se que nos diversos itens foi referida uma evolução positiva a muito positiva, ocorrendo os níveis médios de evolução positiva mais elevados nos itens “A quota de mercado da empresa em relação aos principais produtos e mercados” ($4,0 \pm 0,9$) e “O crescimento das vendas dos principais produtos e mercados” ($4,0 \pm 0,9$). Os scores médios de evolução positiva menos elevados foram expostos nos itens “A rentabilidade da empresa medida pelos benefícios sobre os ativos (rentabilidade Económica ou ROA)” ($3,7 \pm 0,8$) e “A rentabilidade da empresa medida pelos benefícios sobre os recursos próprios (Rentabilidade financeira ou ROE)” ($3,6 \pm 0,8$).

Na tabela 6 pode-se apreciar as estatísticas descritivas das variáveis relacionadas com a logística inversa e com o desempenho das organizações nos últimos 3 anos. Nela são indicados as médias e respetivos desvios padrão. As empresas inquiridas obtêm valores mais altos em preocupações ambientais (4,46) e mais baixos em pró-atividade perante a logística inversa.

Tabela 6 - Estatísticas descritivas

Item	Média	DP
Motivações sociais	4,4	0,7
Motivações Legais	4,1	0,8
Desempenho empresarial	3,8	0,8
Preocupação com a qualidade	3,7	0,8
Motivações económicas	3,7	0,9
Pró-atividade perante a logística inversa	3,7	1,1

3.5 Fatores impulsionadores e barreiras para a implementação da logística inversa

Pretende-se neste ponto verificar quais os impulsionadores e barreiras que as empresas se deparam na implementação de sistemas de logística inversa. De acordo com a tabela 7 o fator impulsionador apontado pela literatura “Procura por parte dos clientes”, é o que apresenta um valor médio mais elevado (4,4), seguido da “Utilização dos recursos” e por fim a “Melhoria do serviço ao cliente”. No fator “Utilização dos recursos” verifica-se também que as empresas atribuem maior importância à preocupação com a escassez de recursos (4,2) do que à obtenção de recursos a custo reduzido. No fator “Melhoria do serviço ao cliente” as empresas inquiridas atribuem uma maior importância à opinião dos clientes (4,3) mas não valorizam a importância da logística inversa para a rapidez de entrega (3,4).

Um outro fator impulsionador apontado pela literatura é o “Volume de vendas”, ou seja, grandes volumes de vendas implicam uma maior probabilidade de devoluções por parte dos clientes e que necessitam de ser processadas e o “Tamanho da empresa”, ou seja, as grandes empresas tendem a necessitar de lidar com as devoluções de uma forma mais regular e a formalizarem os seus procedimentos.

Tabela 7 - Fatores impulsionadores da logística inversa nas empresas Portuguesas

Fatores	Média	DP
Procura por parte dos clientes: procura de produtos verdes ou produtos que respeitem o meio ambiente por parte dos clientes		
A empresa considera a orientação para determinados "produtos verdes" (respeitadores do meio ambiente)	4,4	0,6
Utilização dos recursos: Possibilidade de utilização dos recursos existentes para a logística inversa ou pela necessidade de obtenção de recursos adicionais		
A logística inversa é importante pois a escassez de recursos é uma preocupação para nós	4,2	0,9
Importância da logística inversa na facilidade na obtenção de matéria-prima a custo reduzido	3,7	1,0
Média	3,95	0,95
Melhoria do serviço ao cliente: Através da melhoria dos tempos de resposta do serviço prestado		
A opinião dos clientes é importante para a minha empresa	4,3	0,7
Importância da logística inversa na melhoria da qualidade de serviço	3,9	0,8
Importância da logística inversa na rapidez de entrega (tempo)	3,4	0,9
Média	3,9	0,8

Apesar do volume de vendas ser considerado um impulsionador para a implementação da logística inversa, devido à maior probabilidade de devoluções por parte dos clientes que necessitam de ser processadas, conforme verificado no gráfico 2, a maioria das empresas inquiridas faturava em 2013 mais de 10 milhões de euros mas apenas 13% das empresas possui mais de 10 filiais. Os resultados podem significar que as empresas não estão a aproximar-se dos clientes e as devoluções não são uma prioridade para as empresas, não sendo assim, o volume de vendas um impulsionador para as empresas inquiridas. Também pode ser entendido como não sendo empresas de grande dimensão pelo fato da maioria das empresas possuir menos de 2 filiais gráfico 3) como também 67% das empresas terem apenas 250 colaboradores ou menos. Neste caso as devoluções não constituem um procedimento regular para as empresas.

3.6 Barreiras para a implementação da logística inversa

Considerados os fatores impulsionadores para a implementação da logística inversa, importa agora analisar que barreiras impedem as empresas de implementarem sistemas de logística inversa. A tabela 8 aponta algumas barreiras identificadas pela literatura que servem de base à discussão sobre os resultados das empresas inquiridas.

Tabela 8 - Barreiras para a logística inversa nas empresas Portuguesas

Barreiras
Falta de políticas de devoluções
Não reconhecimento do valor estratégico
<i>Know-how</i> limitado
Custos associados com as práticas de logística inversa e o volume de devoluções

Conforme referido no ponto anterior, o volume de vendas e o tamanho das empresas não são considerados fatores impulsionadores da logística inversa pelas empresas, mas podem ser considerados entraves ao desenvolvimento de sistemas de logística inversa. Se as grandes empresas tendem a necessitar de lidar com as devoluções de uma forma mais regular e a formalizarem os seus procedimentos, as pequenas empresas não lidam com devoluções regulares e por isso não desenvolvem políticas de devoluções. A irregularidade das devoluções também aumenta os custos associados com as práticas de logística inversa pela ausência de economias de escala e limita o desenvolvimento do conhecimento (*Know-how*) sobre as práticas de logística inversa e o não reconhecimento do valor estratégico, pela ausência de economias de experiência, conforme se pode constatar pelo gráfico 4, que indica que 71% das empresas que implementaram um sistema de logística inversa o fizeram para reciclar e para a reutilização, 61% para a eliminação e apenas 32% das respostas refere a refabrição. Para concluir, pode referir-se que a procura por parte dos clientes de produtos que respeitam o meio ambiente constitui o principal impulsionador para que as empresas desenvolvam programas de logística inversa e que o tamanho das empresas do estudo empírico constitui a principal barreira ao desenvolvimento dos referidos sistemas.

4. CONCLUSÕES

Em Portugal, o desenvolvimento dos conceitos e dos processos de logística inversa, têm sido iniciados mas de uma forma ainda incipiente e com evidentes lacunas na aplicação empresarial. Verifica-se que as empresas aderem às práticas de logística inversa, inicialmente, por uma atitude de dar cumprimento aos requisitos e imposições legislativas. Posteriormente, as empresas são estimuladas a encetar novas iniciativas e esforços para o desenvolvimento e melhoria dos processos de logística inversa, tornando-os mais eficientes e permitindo retornos para as empresas com as atividades de refabrição, reutilização e reciclagem, dando um cariz mais económico às práticas de logística inversa. Por ultimo, as empresas aderem às práticas de logística inversa, como forma de diferenciação da empresa no mercado, para os seus produtos, junto dos clientes, posicionando-se no mercado como empresas amigas do ambiente e obtendo vantagens competitivas ligadas aos aspetos ecológicos. Contudo, o fator social é ainda pouco considerado na decisão de implementação de um sistema de logística inversa. Dos resultados obtidos, conclui-se que as empresas estão atentas às necessidades dos seus clientes e às suas preocupações ambientais, mas não aderem às práticas de logística inversa se estas não implicarem uma mais-valia para a empresa.

O estudo incidiu sobre empresas de diferentes setores de atividade. Estas têm características diferentes e gerem os processos de logística inversa de acordo com as características dos produtos e dos processos. Seria conveniente realizarem-se estudos que incidam em setores de

atividade específicos de modo a permitir a generalização. Apesar das limitações e debilidades do estudo, não diminui a importância atribuída a esta investigação, no sentido em que pode sugerir e indicar melhores linhas e campos de ação para trabalhos futuros, como seja: Analisar a importância que os gestores atribuem à satisfação adequada das necessidades dos clientes no âmbito da logística inversa, dado que é uma questão chave dentro da organização, mas que está a ser subestimada na logística inversa.

REFERÊNCIAS

- [1]-Markley, M. e Davis, L. 2007, Exploring future competitive advantage through sustainable supply chains, *International Journal of Physical Distribution e Logistics Management*, Vol. 37, Iss: 9, pp.763-77, 2007.
- [2]-Keyvanshokoo, E., Fattahi, M., Seyed-Hosseini, S. M. e Tavakkoli-Moghaddam, R. A dynamic pricing approach for returned products in integrated forward/reverse logistics network design, *Applied Mathematical Modelling*, 37, pp.10182-10202, 2013.
- [3]-Markley, M. e Davis, L. Exploring future competitive advantage through sustainable supply chains, *International Journal of Physical Distribution e Logistics Management*, Vol. 37, Iss: 9, pp.763-77, 2007.
- [4]-Rao e Holt, D. Do green supply chains lead to competitiveness and economic performance? *International Journal of Operations e Production Management*, 25 (9), pp.898-916, 2005.
- [5]-Sharma, S. K., Panda, B. N., Mahapatra, S. S. e Sahu, S. Analysis of barriers for reverse logistics: An Indian Perspective, *International Journal Of Modeling and Optimization*, June, Vol. I, n.º 2, 2011.
- [6]-Stindt, D. e Sahamie, R. Review of research on closed loop supply chain management in the process industry, *Flex Serv Manuf J.* DOI 10.1007/s10696-012-9137-4, 26: pp.268-293, 2014.
- [7]-Zhu, Q. e Sarkis, J. Relationships between operational practices and performance among early adopters of green supply chain management practices in Chinese manufacturing enterprises, *Journal of Operations Management*, 22 (3), pp.265-289, 2004.

ARTIGO REF: 6527

SÍNTESE DE ADSORVENTES ZEOLÍTICOS A PARTIR DE CINZAS PESADAS PROVENIENTES DA QUEIMA DE CARVÃO MINERAL EM CENTRAIS TÉRMICAS

Jonas V. Matsinhe^{1,2(*)}, Domingos L.P. Macuvele^{1,3}, Miguel M. Uamusse², Estêvão A.J. Pondja², Geraldo J.M. Martins¹, Nivaldo C. Kuhnen¹, Humberto G. Riella¹

¹Universidade Federal de Santa Catarina, Depart. Eng^a Química e Eng^a de Alimentos - Florianópolis, Brasil

²Universidade Eduardo Mondlane (UEM), Depart. Eng^a de Química - Maputo, Moçambique

³Universidade Pedagógica (UP), Depart. de Química - Lichinga, Moçambique

(*)Email: jvmatsinhe@gmail.com

RESUMO

As cinzas de carvão mineral são sub produtos do processo de combustão em centrais térmicas, e são divididas em: cinzas volantes ou leves, e cinzas de fundo ou pesada, sendo que as suas propriedades dependem, na maioria das vezes, de fatores de queima [Pires e Querol, 2004]. As condições de queima e as características do carvão mineral são determinantes nas propriedades técnicas das cinzas [Yoona & Yunb, 2005; Blissett & Rowson, 2010; Yoona & Yunb, 2005]. As cinzas de carvão mineral são compostas maioritariamente de silício (Si) e alumínio (Al) na forma de alumino-silicato (Si-Al). Silício e alumínio atuam como matérias-primas para síntese de zeólitas [Widiastuti et al., 2014]. Geralmente, as cinzas volantes levam a vantagem quando comparadas com cinzas pesadas, pois, fisicamente são mais finos, morfologicamente são constituídos, na maioria, por cenosfera, e em sua composição química apresentam quantidade de ferro e outros metais pesados reduzida [Singh & Siddique, 2015]. Dentre várias aplicações as cinzas volantes são amplamente usadas na como materiais complementares na construção civil.

O presente trabalho faz um estudo de aplicação de cinzas pesadas como fontes alternativas de aluminossilicatos na síntese de zeólitas faujasitas. Sabe-se que, as cinzas incluem na sua composição química uma pequena quantidade de elementos nocivos, tais como o As, Mn, V, Pb, etc., estes, são separados durante o processo de cristalização de zeólitas, e, efetivamente, incorporados em zeólitas [Inada et al., 2005]. As zeólitas foram sintetizadas em um sistema com duas variáveis, tempo de cristalização e temperatura de cristalização, como pode se observar na Tabela 1. E os materiais foram caracterizados através de MEV e DRX, Figura 1 e Figura 2, respectivamente.

Com base nos resultados de MEV e DRX conclui-se que as cinzas pesadas de carvão mineral são fontes alternativas de alumínio e silício para a síntese de adsorventes zeolíticos, sendo que, este trabalho desenvolveu uma das grandes aplicações destas cinzas na obtenção de materiais de maior valor agregado.

Tabela 1 - Variáveis do processo de síntese de zeólitas a partir de cinzas pesadas de carvão mineral

Experimento	Amostra	Variáveis	
		Tempo (h)	Temperatura (°C)
1	ZCP1	24	80
2	ZCP2	48	80
3	ZCP3	24	100
4	ZCP4	48	100

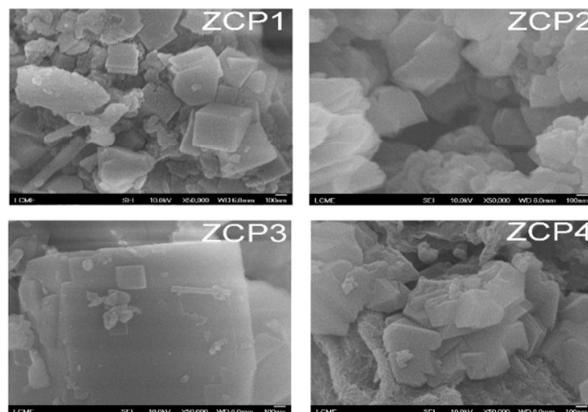


Fig. 1 - Morfologia estrutural obtida pelo MEV-FEG de zeólitas sintetizadas a partir de cinzas pesadas de carvão mineral.

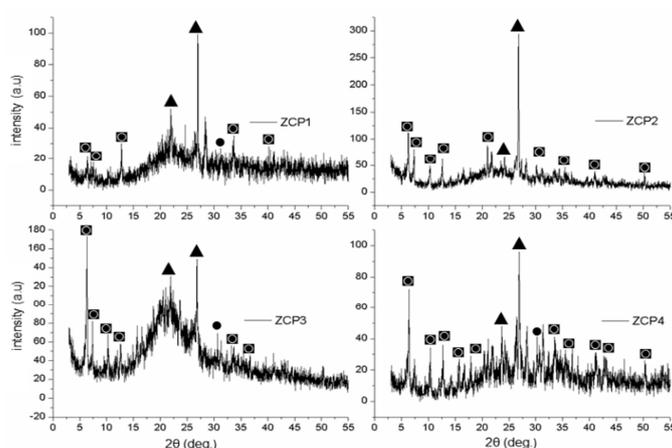


Fig. 2 - Difratograma de raios-X (DRX) de amostras de zeólitas sintetizadas a partir de cinzas pesadas de carvão mineral.

REFERÊNCIAS

- [1]-Blissett, R. S.; Rowson, N. A. A review of the multi-component utilization of coal fly ash. *Fuel* 97 (2012) 1 - 23.
- [2]-Inada, M.; Eguchib, Y.; Enomotob, N.; Hojob, J. Synthesis of zeolite from coal fly ashes with different silica-alumina composition. *Fuel* 84 (2005) 299 - 304.
- [3]-Pires, M.; Querol, X. Characterization of Candiota (South Brazil) coal and combustion by-product. *International Journal of Coal Geology*, v. 60 (2004) 57-72.
- [4]-Yoona, S.D.; Yunb, Y.H. An advanced technique for recycling fly ash waste glass, *Journal of Materials Processing Technology* 168 (2005) 56-61.
- [5]-Singh, M.; Siddique, R. Effect of coal bottom ash as partial replacement of sand on workability and strength properties of concrete. *Journal of Cleaner Production* 112 (2016) 620e630.
- [6]-Widiastuti, N.; Hidayah, M. Z. N.; Praseytoko, D.; Fansuri, H. Synthesis of zeolite X-carbon from coal bottom ash for hydrogen storage material. *Research Article Adv. Mat. Lett.* 2014, 5(8), 453-458.

ARTIGO REF: 6560

IMPORTÂNCIA DOS RECURSOS FLORESTAIS NA COMUNIDADE DE COMBOMUNE DISTRITO DE MABALANE

Juvênciã Yolanda Malate^{1(*)}, Carlos Aguiar², João Paulo Miranda de Castro²

¹Instituto Superior Politécnico de Gaza. Divisão de Agricultura- Lionde, Gaza, Moçambique

²CIMO - Centro de Investigação de Montanha, Escola Superior Agrária, IPB, Bragança, Portugal

(*)Email: yolamalate@gmail.com

RESUMO

As florestas são um recurso fundamental para a sobrevivência e bem-estar das populações rurais africanas. Além de fornecerem lenha, carvão vegetal, madeiras e outros bens valorizados pelo mercado, as florestas proporcionam importantes benefícios indirectos se forem manejadas racionalmente (Mafuca, 2001). O carvão vegetal é o principal combustível usado para cozinhar em África. No leste de África, cobre cerca de 60% das necessidades domésticas de energia (Mugo & Ong, 2006). A migração para a cidade e o crescimento populacional aumentam a procura de carvão e a pressão sobre os recursos florestais. A produção intensiva deste combustível tem um impacto negativo em importantes serviços de ecossistema como sejam o refúgio de biodiversidade, a preservação do solo, o sequestro do carbono, e a purificação da água e ar. Pese embora a sua relevância social, económica e ambiental, a produção de carvão tem recebido escassa atenção por parte dos decisores políticos (Mugo & Ong, 2006).

Este trabalho tem por objectivo maior contribuir para o conhecimento da produção de carvão vegetal no Sul de Moçambique e, por essa via, para um uso mais sustentável dos recursos florestais moçambicanos. Foi desenvolvido na floresta de Combomune, no distrito de Mabalane, no Sul de Moçambique. Esta floresta é dominada pelo mopane (*Colophospermum mopane*, *Fabaceae*), espécie que atinge aqui uma densidade de 258,80 árvores por hectare, perfazendo 85,8% do total dos indivíduos [Bila et al, 2012]. A floresta nativa de mopane tem um crescimento lento, com um incremento diamétrico anual médio de apenas 1,19 mm ano⁻¹ [Bila et al., 2012]. A exploração tradicional é feita de forma não sustentada, facto atestado pelo elevado nível alto de desmatamento e pela natureza secundária das florestas regionais.

Com base em inquéritos realizados no ano de 2016, constatou-se que na área de estudo cerca de 81,3% das famílias dependem da floresta como principal actividade geradora de renda. Entre estas actividades destacam-se a exploração de carvão, e a serração e carpintaria. A criação de gado e o pequeno negócio são importantes actividades secundárias.

Identificaram-se dois tipos de produtores de carvão: i) produtores que operam mediante uma concessão por licença simples, que possuem pequenas empresas, exploram volumes elevados de carvão vegetal e transportam o produto para a Cidade de Maputo e Matola onde fazem a comercialização; ii) produtores residentes que operam volumes muito baixos, fazem a venda do produto no local de produção e estão sob a alçada da associação de produtores locais, responsável pela gestão dos recursos naturais.

No âmbito deste trabalho procedeu-se ainda a uma análise das técnicas tradicionais de produção de carvão de mopane em fornos tradicionais de tipo rectangular construídos usando materiais locais. Determinou-se o rendimento gravimétrico de carvão vegetal (Figura 1) de

acordo com a metodologia usada por Fernandes (2014) nas análises comparativas de produção de carvão de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus cloeziana*, em fornos tradicionais e fornos de rabo quente.



(a)



(b)

Fig. 1 - Produção de carvão: (a) Preparação do forno; (b) Pesagem do carvão e dos desperdícios

REFERÊNCIAS

- [1]-Bila, J., Mabjaia, N., Crescimento e fitossociologia de uma floresta com *Colophospermum mopane*, em Mabalane, Província de Gaza, Moçambique. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, v. 32, n. 71, (2012) p. 421-427.
- [2]-Fernandes, A., *Análise da Produção de Madeira para o fornecimento Sustentável de Energia Domestica Aos Centros Urbanos de Moçambique*. UFP, Curitiba, (2014) 136p.
- [3]-Mafuca, S. B., *Identificação do potencial florestal na reserva Florestal de Zomba*. Chimoio: IAC-DF, (2001) 23p.
- [4]-Mugo, F. & Ong, Ch. *Lessons from eastern Africa's unsustainable charcoal business*. ICRAF, Nairobi, (2006).

ARTIGO REF: 6571

VALOR PERCEBIDO, SATISFAÇÃO E LEALDADE DO CONSUMIDOR: COMÉRCIO DE RETALHO E UMA ABORDAGEM MULTIDIMENSIONAL HIERÁRQUICA DE 2ª ORDEM

Ana Sampaio^{1(*)}, João Saramago¹, Elizabeth Reis²¹Universidade de Évora, Évora, Portugal²Departamento de Métodos Quantitativos, ISCTE-IUL, Lisboa, Portugal(*)*Email:* sampaio@uevora.pt

RESUMO

A investigação em torno do conceito valor percebido pelo consumidor (CPV), do seu papel na formação da satisfação e consequente fidelização, tem vindo a aumentar significativamente, envolvendo, cada vez mais, novos sectores da economia onde as vantagens competitivas representam estratégias cruciais para o desenvolvimento sustentável. O reconhecimento, por parte das empresas, de que é importante entender e antecipar o comportamento dos consumidores e ainda de que o estabelecimento de relações estáveis, satisfatórias e duradouras com o consumidor é determinante para a consolidação da procura, tem explicado o envolvimento das organizações com a comunidade académica. Associado à área de pesquisa em *marketing*, a definição primordial de valor percebido deve-se a Zeithaml (1988, p.14) para quem “CPV é uma avaliação global do consumidor sobre a utilidade do produto (ou do serviço) baseado na percepção do que é recebido”. Embora numa primeira fase do desenvolvimento do constructo tenha prevalecido o seu perfil unidimensional (Bolton & Drew, 1991; Sweeney, Soutar & Johnson, 1999), apenas justificado por aspectos económicos e cognitivos, a identificação, em fases posteriores, de aspectos hedónicos e estéticos, subjacentes ao processo de consumo e à avaliação do valor percebido, motivou o interesse crescente pela pesquisa em torno da vertente multidimensional do conceito (Seth et al., 1991). Outro antecedente da lealdade, a satisfação percebida, tem vindo a ser considerada uma das dimensões mais significativas da pesquisa na área do marketing (Fornell, 1992). Neste trabalho adoptamos a abordagem das equações estruturais (Bollen, 1989), a versão reduzida com doze indicadores (Walsh et al., 2014) do modelo de percepção de valor-PERVAL (Sweeney, Soutar, 2001), com quatro factores reflectivos de 1ª ordem (valor emocional, social, monetário/preço e qualidade), subjacentes ao conceito de valor, uma estrutura hierárquica reflectiva de 2ª ordem e duas variáveis latentes para a satisfação percebida e lealdade para com a loja. A figura 1 ilustra o modelo teórico adoptado:

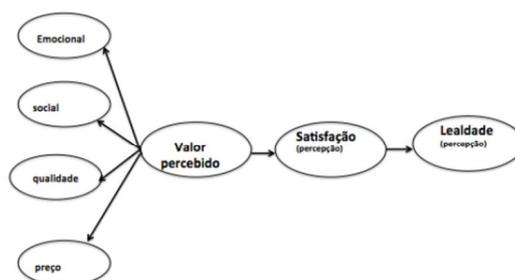


Fig. 1 - Modelo de lealdade no comércio de retalho

A estrutura factorial de 1ª ordem para o valor percebido foi avaliada partir de uma análise factorial confirmatória e do método da máxima verosimilhança. Os resultados indicaram que o modelo de 1ª ordem apresentava índices de ajustamento adequados ($\chi^2_{(48)}=199.951$ ($p<0.001$), CFI= 0.968,GFI=0.948,RMSEA=0.073, 90% CI=0.06,.084], que os índices de validade convergente e discriminante para todos os factores foram satisfatórios e que todos os indicadores apresentaram boa fiabilidade interna. A a magnitude das correlações entre os quatro factores de 1ª ordem, justificavam a inclusão de uma estrutura factorial de ordem superior, sendo que os resultados obtidos para o ajustamento desta estrutura hierárquica de 2ª ordem, foram, igualmente, satisfatórios ($\chi^2_{(50)}=219.6$ ($p<0.001$), CFI= 0.96,GFI=0.948,RMSEA=0.07). Todos os coeficientes estruturais foram estimados com significância estatística e sinais expectáveis, com maior destaque para os coeficientes relativos às dimensões emocional (0.99) e qualidade (0.80). Para a estimação do modelo global (figura 1) adoptamos três métodos de estimação (ML-*maximum likelihood*, UWLS-*unbiased weighted least squares estimator* e DWLS-*diagonally weighted least squares estimator*) e dois tipos de matrizes (Pearson e policórica). A tabela 1 apresenta os resultados:

Amostras adicionais de dimensões 50, 100, 150 e 1000 foram obtidas por meio da técnica de reamostragem *bootstrap* sendo que se verificaram, nas amostras de menor dimensão ($n=50$ e $n=100$), diferenças significativas entre os modelos, ao nível da precisão e da eficiência das estimativas. Para amostras de $n=595$ e $n=1000$ as diferenças encontradas não foram significativas. O estudo mostra que é válida a utilização de uma escala reduzida de valor percebido na investigação dos determinantes da lealdade do consumidor e que outros estudos, com o controlo da heterogeneidade latente, são desejáveis.

Tabela 1 - Resultados de estimação para o modelo de lealdade

Trajectória	ML		UWLS		DWLS	
	Pearson	Poly	Poly	Poly		
CPV⇒Social	0.28	0.30	0.24	0.30		
CPV⇒Preço	0.44	0.50	0.53	0.53		
CPV⇒Emocional	0.96	0.90	0.87	0.89		
CPV⇒Qualidade	0.91	0.90	0.90	0.90		
CPV⇒Satisfação	0.76	0.80	0.82	0.81		
Satisfação⇒Lealdade	0.96	0.97	0.98	0.98		
$\chi^2(129)$	642.32	444.58	377.44	431.8		
RMSEA	0.082	0.064	0.057	0.063		
CFI	0.97	0.98	0.98	0.98		
GFI	0.89	0.98	0.98	0.98		
RFI	0.96	0.97	0.97	0.97		
AIC	17610.8	742.12	515.8	515.80		

REFERÊNCIAS

- [1]-Bollen, K.A. (1989), *Structural Equations with Latent Variables*, New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [2]-Fornell, C., A national customer satisfaction barometer: the Swedish experience, *Journal of Marketing*, (1992), 56, (1), 6-21.
- [3]-Walsh G., Shiu E., Hassan L.M., Replicating, validating, and reducing the length of the consumer perceived value scale, *Journal of Business Research*, (2014), 67(3): 260-267.
- [4]-Sheth, J.N., Newman, B.I. & Gross, B.L., Why we buy what we buy: A theory of consumption values, *Journal of Business Research*, (1991), 22, 159-170.
- [5]-Sweeney, J.C., Soutar, G.N. & Johnson, L.W., The role of perceived risk in the quality-value relationship: A study in a retail environment”, *Journal of Retailing*, (1999), 75, 77-105.
- [6]-Sweeney, J.C. & Soutar, G.N., Consumer perceived value: The development of a multiple item scale. *Journal of Retailing*, (2001), 77(2), 203-220.
- [7]-Walsh G., Shiu E., Hassan L.M., Replicating, validating, and reducing the length of the consumer perceived value scale, *Journal of Business Research*, (2014), 67(3), 260-267.
- [8]-Zeithaml, V. A. (1988). Consumer perceptions of price, quality, and value: a means-end model and synthesis of evidence. *Journal of Marketing*, 52, 2-22.

ARTIGO REF: 6595

COLHEITA MECANIZADA EM DIFERENTES TIPOS DE OLIVAIS

Arlindo Almeida^(*)

Centro de Investigação de Montanha, Escola Superior Agrária do IPB, Bragança, Portugal

^(*)*Email*: acfa@ipb.pt

RESUMO

Aspeto fundamental a considerar na adoção de soluções mecanizadas para a colheita de azeitona é o tipo de olival: (I) tradicional (com cerca de 150 árvores por hectare, de sequeiro), (II) intensivo (com cerca de 300 a 400 árvores por hectare, regado) e (III) olival em sebe (com 1000 a 2000 árvores por hectare, regado).

Nos olivais *tradicionais* são normalmente utilizados vibradores de tronco montados em tratores agrícolas para o destaque dos frutos, sendo a recolha assegurada por lonas intercetoras movimentadas manualmente ou por dispositivos mecânicos como enroladores de panos ou apara-frutos (Figura 1). Estudos efetuados, têm demonstrado que a capacidade de trabalho destes sistemas têm valores médios de 40 a 70 árvores por hora (Almeida, 2009 a).

Em ensaios de campo realizados ao longo de dez anos, para o destaque dos frutos foi utilizado um vibrador por impacto R&O VM 07, montado no carregador frontal do trator. Nos ensaios, este vibrador foi utilizado montado em tratores agrícolas com potências entre 46 kW e 58 kW. Para a recolha dos frutos foi utilizado um enrolador de panos com transportador elevador e um apara-frutos, ambos R&O. Este equipamento foi testado em três sistemas de colheita diferentes: intercetor para recolha manual dos frutos; intercetor/enrolador mecânico; intercetor/apara frutos mecânico.

Em árvores de maior porte, em que o desempenho dos vibradores de tronco não é satisfatório ou mesmo impossível devido às dimensões da copa e tronco, a colheita pode ser efetuada por rotores mecânicos montados em tratores agrícolas (Figura 2). Estes rotores mecânicos têm uma capacidade de trabalho média de 12 a 25 árvores por hora (Almeida, 2007).

Nos olivais *intensivos*, concebidos numa perspectiva de melhor aproveitamento da luz e consequente aumento de produção por unidade de área exigem a utilização de equipamento de recolha específico (Figura 3), devido ao curto compasso nas linhas de árvores. Ensaios de campo efetuados com este equipamento específico demonstram uma capacidade de trabalho que varia entre 40 e 80 árvores por hora (Peça, 2008).

Nos olivais *em sebe*, concebidos numa ótica de maximização da produção, a colheita e a recolha são efetuadas em contínuo com equipamento semelhante ao utilizado para vindimar, que cavalga as linhas de árvores, destacando a azeitona com varas vibratórias, que é imediatamente recolhida e transportada para tegões de armazenamento temporário (Figura 4). Com este sistema de colheita é expectável uma capacidade de trabalho de 3 a 3,5 horas por hectare de olival.

São normalmente utilizadas cultivares com hábitos de crescimento e vigor adaptadas ao tipo de condução em sebe, como a 'Arbequina' ou a 'Arbosana'. Um aspeto interessante destas plantações é a sua rápida entrada em produção. Aproximadamente 3,5 anos após a plantação na Primavera, pode já ter uma produção apreciável. Outro aspeto de grande interesse é a

colheita com máquinas automotrizes que cavalgam as linhas de árvores destacando e recolhendo em simultâneo a azeitona. A colheita não é feita árvore a árvore, como acontece nos outros tipos de olival, mas linha a linha.



Fig. 1 - Colheita com vibrador e aparafritos



Fig. 2 - Colheita com rotor



Fig. 3 - Enrolador de panos em olivais intensivos



Fig. 4 - Colheita em olivais em sebe

REFERÊNCIAS

- [1]-Almeida, A.; Peça, J., (2007) Performance of the Oli-Picker olive harvester in Trás-os-Montes region of Portugal - Proceedings of Ciosta Conference - “Advances in labour and machinery management for a profitable agriculture and forestry”. Slovak University of Agriculture, pp 44-51, Nitra, Slovakia.
- [2]-Almeida, A., Peça, J.O., Pinheiro, A.C., Dias, A.B., Santos, L.S., Reynolds, D., Lopes, J. (2009 a). Estudo Comparativo do Desempenho de Três Sistemas de Colheita Mecânica de Azeitona. Actas Portuguesas de Horticultura, Portugal 172 - 17.
- [3]-Almeida, A. (2009 b) “Oli-Picker” a solution to detach olives from large trees? Technology and management to ensure sustainable agriculture, agro-systems, forestry and safety XXXIII CIOSTA - CIGR V Conference 2009 - Reggio Calabria (Italy) - pp 659-663.
- [4]-Ferguson, L. (2006). Trends in Olive Harvesting in Trends in olive fruit handling previous to its industrial transformation. Grasas y Aceites, 57 (1): 9-15.
- [5]-Michelakis, N. (2002). Olive orchard management: advances and problems. Acta Hortic. (ISHS) 586:239-245.
- [6]-Peça, J.; Almeida, A.; Pinheiro, A.; Dias, A.; Santos, L.; Lopes, J.; Reynolds, D (2008) Mechanical harvesting of 400 trees per hectare olive orchards based on a rolling canvas prototype, Acta Horticulture N° 791, pp: 363-367.

ARTIGO REF: 6621

DESIGN DE NOVOS PRODUTOS COM RECICLAGEM DE PET

Flávia Freixa^{1(*)}, Jorge Lino Alves^{1,2,3}, Bárbara Rangel^{1,3}

¹Mestrado em Design Industrial e de Produto, UPorto, Porto, Portugal

²INEGI, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, Portugal

³DesignStudio/FEUP, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, Portugal

(*)*Email*: flaviafreixa@gmail.com

RESUMO

A indústria dos plásticos é hoje responsável por grande parte da poluição ambiental. Devido ao baixo custo desta matéria-prima e processos de produção, os produtos plásticos são usados de uma forma fugaz. Muitos destes produtos acabam a flutuar no mar, como é o caso da maior lixeira flutuante do mundo no Oceano Pacífico. Alguns dos produtos de elevado consumo, como as garrafas de água, refrigerantes, são constituídos por PET (Politereftalato de Etileno) que é um dos polímeros termoplásticos mais utilizados. No desenvolvimento de uma tese de mestrado foi realizado um estudo para viabilizar um processo de fabrico considerando esta matéria-prima, bem como outros materiais que facilitassem o processo de industrialização. Este trabalho teve como parceria uma empresa especializada na reciclagem de PET, fornecedora do material, para o desenvolvimento dos novos produtos. Neste trabalho foram considerados três casos de estudo com utilidade prática, tais como: havaianas, botões e colares.

INTRODUÇÃO

A poluição derivada de produtos em termoplástico é uma preocupação ambiental que tem vindo a crescer diariamente. Estes componentes são industrialmente apetecíveis, uma vez que são facilmente produzidos em grandes séries com custos muito reduzidos. Este facto faz com que se gere um elevado volume de resíduos que entram no ambiente marinho, levando a determinadas consequências como várias espécies em perigo de extinção (Wilcox et al., 2016). Esta poluição está distribuída de uma forma global por todos os oceanos devido às suas propriedades de leveza e durabilidade. A absorção de substâncias tóxicas ligadas ao plástico levou investigadores a afirmar que os polímeros nos oceanos são resíduos perigosos (Eriksen et al., 2014).

Além da poluição visual, existem outros impactos associados aos ecossistemas e biodiversidade, como na vida das pessoas e sociedade. Por exemplo, às zonas costeiras, praias, rios e mares chegam todos os dias peças em plástico que colocam em perigo os animais que ingerem essa matéria-prima ao invés de alimento (APLM, 2014). Mais de 90% dos detritos marinhos encontrados em várias localizações são de plástico. Estes materiais sofrem processos de foto-degradação, degradação térmica, química e mecânica, causando a sua fragmentação (Sobral et al., 2015).

Este trabalho procurou encontrar soluções para a problemática desta poluição, nomeadamente através do reaproveitamento do plástico PET (Politereftalato de Etileno), e também de tampas de garrafas em polietileno (PE) e polipropileno (PP), para a produção de produtos já existentes ou na criação de novos produtos. Alguns projetos de design analisados

possibilitaram uma melhor compreensão dos processos de fabrico utilizados na produção de produtos feitos a partir da reciclagem de termoplásticos, constituindo também um ponto de partida para o desenvolvimento deste trabalho, podendo-se referir os projetos: Sea Chair (2012) de Alexander Groves & Azusa Murakami; Precious Plastic (2013) de Dave Hakkens; ou The New Raw (2015) de Foteini Setaki e Panos Sakkas.

Os objetivos e a metodologia adotada durante o trabalho passaram por identificar a matéria-prima e os seus modos de processamento; procurar soluções para reduzir o seu desperdício e explorar as vertentes do Eco Design e sustentabilidade (reduzir, reutilizar, reciclar) através da realização de trabalho experimental que conduzisse ao desenvolvimento de novos produtos com uma forte componente de Design.

DESIGN, EMBALAGENS E AMBIENTE

Os polímeros são considerados uma das grandes preocupações ambientais, pois demoram muitos anos para se degradarem e ocupam um grande volume dos aterros sanitários. A reciclagem é sem dúvida uma das soluções mais viáveis para minimizar o seu impacto ambiental (Spinacé e Paoli, 2005). Segundo Vitor Papanek (1995), uma das principais dificuldades reside no facto de os plásticos não se desfazerem: “Calcula-se que uma garrafa de plástico deitada fora se conserve por cá entre duzentos e quatrocentos anos”.

Nem todas as embalagens têm o mesmo impacto ambiental e o mesmo tipo de embalagem pode ter um impacto diferente dependendo do local onde foi produzida, a tecnologia que foi usada, o produto que contém, a forma como o consumidor a utiliza e descarta e o tipo de destino final que lhe é dado (Martinho e Rodrigues, 2007). O Eco Design e o conceito de sustentabilidade introduziram alterações e inovações no que diz respeito às embalagens, reduzindo o seu peso ou volume, e utilização simultânea de materiais compatíveis ou um material único para facilitar o processo de reciclagem. Mas as responsabilidades em relação aos problemas vindos das embalagens não se devem limitar apenas às empresas que as fabricam, mas também aos consumidores, pois todas as atitudes e comportamentos de consumo são essenciais para reduzir o impacto destes produtos, e como tal é fundamental fomentar a sua reutilização após consumo ou depositá-los nos sistemas de deposição seletiva para serem conduzidos aos canais respetivos para a sua reciclagem (Martinho e Rodrigues, 2007).

2.1 Politereftalato de Etileno e Reciclagem

PET (Politereftalato de Etileno) é uma resina de poliéster que se produz por um processo desenvolvido por Wallace H. Carothers (processo de policondensação). O PET é formado através da reação simultânea de dois monómeros (etilenoglicol e ácido tereftálico), ambos derivados do petróleo.

O PET é um dos polímeros mais utilizados em garrafas de água, refrigerantes, entre outros. Este material tem algumas propriedades características, tais como uma boa resistência mecânica, térmica e química, e apresenta boas propriedades de barreira e resistência ao choque, tendo por isso grande aplicação nas garrafas para líquidos (ver Tabela 1).

O PET é fácil de reciclar, sendo por isso extremamente valorizado por empresas que fazem a sua reciclagem, e como tal deverão ser encetadas um conjunto de iniciativas que permitam aumentar a percentagem da sua reciclagem que é ainda muito baixa em Portugal. Na empresa Ecoibéria - reciclados ibéricos, S.A., especializada na reciclagem de resíduos plásticos, única empresa nacional exportadora de flocos de PET para o mercado europeu e o resto do mundo,

a reciclagem de 2200 kg/hora permite assegurar a produção das devidas quantidades de matéria-prima secundária: 1350 kg/hora de flocos transparentes e azuis-claros de PET; 350 kg/hora de flocos de cor de PET; e 14.000 toneladas/ano são a estimativa de resíduos retirados do meio ambiente (ECOIBÉRIA, 2016).

Tabela 1 - Principais propriedades do PET (CES Edupack, 2016). Propriedades Gerais

Densidade	1,29e3 - 1,4e3 kg/m ³
Composição	(CO-(C6H4)-CO-O-(CH2)2-O) _n
Preço	1,33 - 1,62 Eur/kg
Propriedades Mecânicas	
Módulo de Young	2,76 - 4,14 GPa
Módulo ao corte	0,994 - 1,49 GPa
Coefficiente de Poisson	0,381 - 0,396
Tensão limite de elasticidade	56,5 - 62,3 MPa
Tensão de rotura	48,3 - 72,4 MPa
Resistência à compressão	19,7 - 31,9 MPa
Extensão após rotura	30 - 300 %
Dureza Vickers	17 - 18,7 HV
Resistência à fadiga, 10 ⁷ ciclos	19,3 - 29 MPa
Tenacidade à fratura	4,5 - 5,5 MPa.m ^{0.5}
Propriedades Térmicas	
Ponto de fusão	212 - 265 °C
Temperatura de transição vítrea	67,9 - 79,9 °C
Temperatura máxima de serviço	66,9 - 86,9 °C
Temperatura mínima de serviço	-123 - -73,2 °C
Temperatura de processamento	225-350 °C
Temperatura do molde	20-100 °C
Condutividade térmica	0,138 - 0,151 W/m. °C
Calor específico	1,42e3 - 1,47e3 J/kg. °C
Propriedades Eco	
Energia incorporada, produção primária	80,9 - 89,5 MJ/Kg
Pegada CO ₂ , produção primária	3,76 - 4,15 kg/kg
Reciclável	sim

A reciclagem do PET pode ser realizada por métodos mecânicos, energéticos e químicos (Khoonkari et al., 2015). Na reciclagem de resíduos de embalagens PET, o processo mais utilizado é a reciclagem mecânica. Na reciclagem mecânica geram-se partículas com diferentes granulometrias. As mais finas, puras e transparentes são muito procuradas para a produção de novas garrafas, no entanto existem outras partículas com misturas de cores e maiores granulometrias que não são valorizadas.

EXPERIMENTAÇÃO

A necessidade de diminuir o impacto ambiental proveniente do plástico levou ao aproveitamento dos seus desperdícios para a concretização de experiências e a construção de protótipos. O trabalho de investigação realizado possibilitou uma melhor compreensão acerca da reciclagem e a reutilização do termoplástico para o desenvolvimento de projetos de design. A metodologia adotada foi o método de experimentação da matéria-prima utilizando três formas diferentes para três casos de estudo. De seguida apresenta-se a matéria-prima selecionada.

Matéria-prima

Os materiais utilizados na fase de experimentação e realização dos produtos foram: PET 2209 azul e verde, e PE/PP 6600/6660 (polietileno e polipropileno), apresentados na figura 1. Esta matéria-prima provem de embalagens de plástico reciclado pela Ecoibéria. Os granulados de PET azul e verde são o resultado da trituração de garrafas de água e de embalagens de refrigerantes, ambos com partículas de dimensão média de 1mm. As tampas dos mais variados recipientes plásticos são igualmente trituradas dando origem ao granulado PE/PP, com dimensões de partículas ligeiramente superiores às anteriores. Procurou-se, neste trabalho, manter as cores de origem do plástico no desenvolvimento dos novos produtos.



Fig. 1 - Matéria-prima.

Processo

O procedimento experimental de cada um dos casos de estudos desenvolvidos passou por diversas etapas que serão apresentadas nas subsecções seguintes.

(i)-Havaianas

O primeiro caso de estudo consistiu na criação de uma havaiana. O seu fabrico implicou a criação de vários moldes. Utilizaram-se moldes à base de gesso e de silicone, embora os produtos finais fossem produzidos com um molde de silicone.

O molde de gesso foi concebido através de uma havaiana comercial com marcas de utilização para que se obtivesse a marca da pegada no molde; essa marca serviu para reforçar o conceito de redução da pegada ecológica. As experiências realizadas com este molde continham a matéria-prima de PET ou PE/PP com o aditivo de silicone. Foram realizadas várias experiências com diferentes quantidades de material, algumas com maior quantidade de plástico e outras com menor quantidade. Para demonstração, na figura 2 (A1 e A2) foi adicionada uma maior quantidade de PE/PP (70%) e menor quantidade de silicone (30%). A maior quantidade de plástico torna o produto mais pesado (com uma espessura de 20mm), menos agradável e confortável para se caminhar. Ainda na figura 2 (B1 e B2) apresenta-se uma havaiana com maior quantidade de silicone (70%) e 30% de PE e com uma espessura de 15mm. Depois da sua secagem, observou-se que esta podia ser um bom ponto de partida para o fabrico de protótipos, mas ainda com a existência de alguns problemas, uma vez que as partículas podiam desprender-se e ferir quem as calça ou mesmo contribuir para aumentar a pegada ecológica, ficando ainda bastante pesadas.



Fig. 2 - A1) Parte inferior; A2) Parte superior; B1) Parte inferior; B2) Parte superior.

Numa fase seguinte, produziu-se um novo molde de silicone para que fosse possível resolver os problemas atrás mencionados. Na figura 3 (A, B, C, D, E) podem-se observar as principais etapas da sua fabricação. Para que se pudesse construir um molde feito em silicone, foi preciso modelar a peça que se pretendia num software 3D. Depois desta etapa, a peça foi construída pelo processo aditivo (figura 3, A) e para obter o modelo em forma de havaiana (figura 3, B) esperou-se aproximadamente três horas até que esta ficasse completa e se pudesse prosseguir à etapa seguinte. Para a realização dos protótipos finais foi necessário a construção de um molde em silicone (figura 3, C e D) e onde foram realizadas várias etapas: a construção de uma caixa para o vazamento do silicone; o vazamento do silicone; degaseificação na câmara de vácuo com o molde inclinado para evitar a formação de bolhas de ar; esperar à temperatura ambiente até que o molde secasse; e abertura do molde e extração da peça em 3D para a realização dos protótipos (figura 3, E).



Fig. 3 - A) Processo de fabrico aditivo em impressora de baixo custo; B) Modelo em PLA; C) Vazamento do Silicone; D) Câmara de vácuo com molde inclinado; E) Molde de Silicone.

O silicone utilizado para fazer o molde foi transparente, o que facilitou nas extrações dos modelos do seu interior e também no processo de execução das solas, onde foi utilizada uma borracha com pigmento. Com o molde em silicone foi possível vaziar a borracha com o pigmento e cura em mufla cerca de duas horas a uma temperatura de 80°C. As fases para a execução das havaianas finais foram idênticas às utilizadas com o molde de gesso, uma vez que a mistura é depositada sobre o molde; mas com a pré-colocação de uma sola.

(ii)- Botões

O fabrico de botões teve como objetivo principal a concretização de processos operacionais capazes de amolecer, por aquecimento, a matéria-prima de PET e PE/PP. Desta forma,

procedeu-se à criação de peças através de um molde de aço (dividido em três partes) que foi carregado com as partículas do termoplástico e colocado numa mufla de tratamentos térmicos.

Inicialmente pesaram-se as partículas de termoplástico que foram introduzidas dentro do molde e prensadas manualmente (figura 4, A e B). O molde foi então colocado na mufla a diferentes temperaturas para determinar a temperatura de amolecimento do polímero mais adequada. Após um curto estágio a esta temperatura o molde foi retirado da mufla e ficou a arrefecer até à temperatura ambiente, sendo então a peça removida do seu interior (figura 4, C e D).



Fig. 4 - A) Introdução de partículas no molde metálico; B) Prensagem manual; C) Remoção da peça do seu interior; D) Ejeção da peça.

Todas as experiências foram realizadas com prensagem manual, com exceção da última experiência onde foram utilizados pesos de aço para obter uma prensagem com uma pressão de 163 N/m^2 com o objetivo de avaliar o efeito da pressão na qualidade das peças obtidas. O tarugo obtido foi cortado em torno mecânico, estando na figura 5 representadas as peças obtidas com PET azul. A figura 6 (A e B) mostra os resultados da experiência com o PE/PP e o PET verde (tendo este sido obtido com pressão). A maioria destas experiências apresentou resultados satisfatórios, conseguindo-se manter as cores do plástico e o brilho similar ao granulado inicial, mas nem todos os granulados plastificaram na sua totalidade por falta de tempo na mufla, enquanto noutros casos geraram-se bolhas de ar. O processo foi várias vezes repetido até atingir o resultado pretendido, para que o plástico fundisse na sua totalidade e ficasse compacto. Houve uma constante preocupação com o controlo das temperaturas. As partículas, principalmente de PET, foram submetidas a um amolecimento lento e progressivo, enquanto as de PE/PP amoleciam com maior facilidade e em menor tempo.



Fig. 5 Resultados de duas experiências após o arrefecimento com PET Azul: A) Vista de topo; B) Vista frontal.



Fig. 6 - A) Resultados de experiências com PE/PP após o corte; B) Resultados de experiências com PET verde após o corte.

As experiências do PE/PP foram melhor sucedidas, resultado das várias cores das tampas das garrafas e anilhas, no entanto, em alguns casos também a pressão não foi suficiente para evitar a formação de bolhas de ar no seu interior. Refira-se no entanto que este molde não foi fabricado com o objetivo de obter peças desta forma e como tal, o fabrico de um novo molde permitirá resolver os problemas encontrados.

(iii)-Colares

A atividade experimental para o processo de fabrico de colares teve como objetivo a concretização de processos operacionais capazes de amolecer, por aquecimento, o PET e o PE/PP. Existem diferenças no processo de aquecimento entre os botões e os colares, pois para a conceção dos colares foi necessária a utilização de um aditivo. Esse aditivo foi um biopolímero (PLA) que pode ser transformado de modo semelhante aos termoplásticos. Utilizou-se um púcaro e colocou-se a matéria-prima de termoplástico ainda durante o processo de aquecimento (aproximadamente 25 minutos), sendo a mistura vazada num molde de silicone com quadrados de 10 x 10 mm, e aplicando uma força de compressão, exercida até o arrefecimento à temperatura ambiente.

A figura 7 (A, B e C) apresenta o resultado de diversas experiências efetuadas. Todas elas utilizaram diferentes percentagens de plástico.



Fig. 7 - A) PET verde com PLA; B) e C) PE/PP com PLA.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro caso de estudo, o granulado de PET e PE/PP foram misturados com silicone. Para evitar a queda de pequenos fragmentos utilizou-se uma borracha sintética na sola. A figura 8 (A1 e A2) ilustram os resultados realizados com granulado PET verde e (B1 e B2) os

resultados com o granulado de PE/PP. Na figura 9 (A e B) utilizou-se um fio de nylon torcido de cor azul e outro de cor amarelo para cada um dos produtos finais.



Fig. 8 - A1) Parte superior da havaiana; A2) superfície inferior; B1) Parte superior; B2) Parte inferior.



Fig. 9 - A) Protótipo de havaiana em PET; B) Protótipo de havaiana em PE/PP.

No segundo caso de estudo, o processo poderá ser melhorado com um controle de temperatura mais rigoroso no molde de aço onde as partículas de PET/PE/PP são aquecidas, permitindo que o material comece a fundir e seja pressionado no momento certo em que a temperatura lhe confere um grau de amolecimento ideal. O torno mecânico possibilitou o corte das peças dando a forma aos botões. Utilizou-se a máquina CNC para a marcação dos quatro furos nos botões. O diâmetro do botão verde tem 2 cm, com uma espessura de 3 mm, e o diâmetro dos furos tem 2 mm (figura 10, A). Os furos do botão com PE/PP têm um diâmetro de 1 mm e o botão um diâmetro de 1,5 mm, com uma espessura de 3mm (figura 10, B).



Fig- 10 - Protótipos de botões: A) Botão com PET Verde; B) Botão com PE reciclado; C) Tela reciclada com botões.

Os protótipos dos botões foram bem-sucedidos, dando possibilidade de criar novos produtos sem misturar vários materiais, facilitando assim também o processo de reciclagem. Criaram-se um conjunto de bolsas de vários tamanhos feitas com lona de cartazes de conferências onde se aplicaram os botões, contribuindo também para a redução do impacto ambiental (figura 10, C).

Os protótipos de colares foram obtidos por corte laser do material prensado numa máquina Speedy 300 Flexx da Trotec e uma máquina Gerber Sabre 408 CNC Router. A experiência apresentada na figura 7 (C), foi a que apresentou melhor resultado, dada a maior proporção de PE/PP na mistura do produto, facilitando o processo do corte. Nas experiências onde o PLA predominou, verificou-se alguma fusão no momento do corte. A figura 11 (A, B e C) mostra os resultados dos protótipos finais de colares.



Fig. 11 - Protótipos de colares; A) Folha; B) Cubo; C) Letra F.

É de realçar que todos estes resultados surgiram no sentido de criar oportunidade de reutilização de um material reciclável, como é o plástico, e o seu uso na criação de novos produtos úteis e de qualidade estética, assentes numa atitude sustentável.

CONCLUSÕES

O trabalho realizado resultou de uma reflexão sobre a problemática da poluição dos plásticos, nomeadamente do PE/PP e PET. O tema apresentado procurou estar ligado com a atualidade, considerando que o papel do design pode contribuir para a mudança da sociedade, nas preocupações ambientais e ecológicas, bem como em questões que possam valorizar o produto e todo o seu processo de fabrico. O plástico é um dos materiais mais preocupantes do lixo marinho, dada a sua persistência e fragmentação em pequenas dimensões. Perceber o papel do Design numa sociedade onde o consumo está em constante crescimento levou à criação de novos produtos através de material reciclado, dando um pequeno contributo para o ecossistema. Consideraram-se três casos de estudo: havaianas, botões e colares. O primeiro caso de estudo, havaianas, apresentou alguns problemas, como a queda de pequenos fragmentos e algum desconforto durante a sua utilização. No segundo caso de estudo, botões, não foram utilizados aditivos, podendo facilitar o seu processo de reciclagem. Os colares, terceiro caso de estudo, apesar de serem feitos com um aditivo, é um termoplástico biodegradável.

O trabalho realizado permitiu encontrar algumas alternativas para a utilização de matéria-prima proveniente da reciclagem de garrafas de bebidas, nomeadamente com a sigla PET. Utilizando uma matéria-prima que não tem valor comercial para as empresas de reciclagem, foi possível conceber objetos que podem potenciar a utilização deste material de uma forma sustentável.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Faculdade de Engenharia e Belas Artes da Universidade do Porto, à empresa Ecoibéria pelo suporte no fornecimento do material plástico PE/PP e PET, e ao financiamento do projeto do projeto NORTE-01-0145-FEDER-000022 - SciTech - Science and Technology for Competitive and Sustainable Industries, cofinanciado pelo Programa Operacional Regional do Norte (NORTE2020), através do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER).

REFERÊNCIAS

- [1]-APLM (Associação Portuguesa do Lixo Marinho)., Lixo Marinho, 2016, acedido em: <http://www.aplixomarinho.org/>.
- [2]-CES Edupack, 2016, Granta Design Limited, United Kingdom.
- [3]-ECOIBÉRIA (Reciclados Ibéricos, S.A.), 2016, acedido em: <http://www.ecoiberia.pt/>.
- [4]-Eriksen, M., Lebreton, L.C.M., Carson, H.S., Thiel, M., Moore, C.J., Borerro, J.C., Galgani, F., Ryan, P.G., & Reisser, J., Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea, *Plos One*, 9, 1-15, 2014.
- [5]-Khoonkari, M., Haghghi, A.H., Sefidbakht, Y., Shekoohi, K., & Ghaderian, A., Chemical Recycling of PET Wastes with Different Catalysts, *International Journal of Polymer Science*, Volume 2015, 11, 2015.
- [6]-Papanek, V., *Arquitetura e Design. Ecologia e Ética*. Edições 70, 1995.
- [7]-Martinho, M.G., Rodrigues, S.A., *História da produção e reciclagem das embalagens em Portugal*, Edição conjunta da Faculdade de ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa e da Sociedade Ponto Verde, Lisboa, 2007.
- [8]-Sobral, P., Antunes, J., Ferraz, M., Ferro, F., Frias, J., Raposo, I.P., Quaresma, S., Louro, P., Oliveira, M., *Lixo Marinho: um problema sem fronteiras*. Parceria Portuguesa para o Lixo Marinho, Monte da Caparica, Portugal, 2015.
- [9]-Spinacé, M.A.S., Paoli, M.A., A tecnologia da reciclagem de polímeros, *Química Nova*, Vol.28, No. 1, 65-72, 2005.
- [10]-Wilcox, C., Mallos, N.J., Leonard, G.H., Rodriguez, A., & Hardesty, B.D., Using Expert Elicitation to Estimate the Impacts of Plastic Pollution on Marine Wildlife, *Marine Policy*, 65 107-114, 2016.

ARTIGO REF: 6730

ADAPTAÇÃO DE SERVIÇOS DE SANEAMENTO URBANO A ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS EM MOÇAMBIQUE

**Filipa Ferreira^{1(*)}, José Saldanha Matos², António Monteiro¹, José Santa Marta³, Rosa Antunes³,
Paulo Óscar⁴, Carlos Noa Laisse⁴, Olinda Sousa⁴**

¹CEris, Instituto Superior Técnico (IST), Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal.

²Hidra, Hidráulica e Ambiente, Lda., Av. Defensores de Chaves, nº 31 - 1º Esq. 1000-111 Lisboa, Portugal.

³Aquapor Serviços, S.A., Av. Marechal Gomes da Costa, 33 - 1ªA 1800-255 Lisboa, Portugal.

⁴Administração de Infra-Estruturas de Águas e Saneamento (AIAS), Maputo, Moçambique.

(*)*Email*: filipamferreira@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

As Alterações Climáticas (AC) constituem uma preocupação global, com graves consequências ameaças ambientais, sociais e económicas. Para fazer face às AC, têm sido identificadas diversas vias de acção possíveis, em particular as abordagens da mitigação e da adaptação. Na mitigação reduzem-se as emissões dos Gases de Efeito Estufa (GEE) com vista a diminuir a magnitude das AC. A adaptação consiste numa abordagem diversa em que, uma vez identificados os problemas originados pelas AC, se opta por agir em função das suas consequências, isto é, propondo mudanças nas localizações das infra-estruturas, alterações na concepção e na operação dos sistemas e intervenções que permitam vir aumentar a fiabilidade de funcionamento e a resiliência dos sistemas.

No que se refere aos efeitos das AC nos sistemas de saneamento, em Moçambique (País em que existe uma forte tendência de migração da população do meio rural para o meio urbano (WHO e UNICEF, 2010) e com elevada percentagem da população servida por latrinas (WUP, 2003)), podem referir-se consequências diversas, como a subida do nível médio da água no mar, a maior variabilidade das precipitações e agravamento dos fenómenos hidrológicos extremos, a maior variabilidade da temperatura média do ar, o incremento do risco de inundação de latrinas e fossas sépticas e consequente contaminação de aquíferos, a maior dificuldade de acesso à água potável e o risco acrescido de conflitos entre usos da água.

As principais formas de combate às AC nos sectores de abastecimento de água e saneamento consistem na mitigação das fontes de poluição atmosférica de origem antropogénica, com principal foco nas fontes de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), e particularmente na adaptação dos diversos sectores de actividade, privilegiando o uso eficiente da energia, com opção por soluções naturais de tratamento, aeróbias, na medida do possível sem recurso a instalações elevatórias ou equipamentos com elevados consumos energéticos (Oliveira et al., 2015). Pretende-se assim beneficiar o desempenho ambiental dos sistemas, mas também assegurar a sustentabilidade económica das entidades gestoras, de modo a não tornar os serviços de água e saneamento demasiado dispendiosos para os utilizadores e de forma a serem mantidas tarifas socialmente aceitáveis. As soluções e tecnologias utilizadas para mitigação e para a adaptação em sistemas de saneamento permitem, na generalidade dos casos, melhorar também a resiliência e a fiabilidade das infra-estruturas, controlando os riscos ambientais, sociais e de saúde pública.

O Plano de Apoio ao Saneamento Urbano na Perspectiva da Redução de Emissões e Adaptação às Alterações Climáticas (PLASU - AC), financiado no âmbito do Programa Fast Start através do Fundo Português de Carbono, enquadra-se precisamente nesta temática e visa

contribuir para a evolução do saneamento em meio urbano em Moçambique, numa perspectiva sustentada de conciliação de: a) Interesses superiores de saúde pública; b) Protecção de meios receptores; c) Mitigação de emissão de Gases com Efeito de Estufa (GEE), nomeadamente dióxido de carbono, metano e óxido nítrico; d) Adaptação das infra-estruturas de saneamento às AC. O trabalho, que incide em particular nos serviços de drenagem e saneamento em meio urbano e que será divulgado com a presente comunicação, pretende contribuir para uma evolução sustentada do saneamento em Moçambique, com preocupações também de mitigação de emissões de GEE, adaptação de infra-estruturas às AC e capacitação de serviços, através do desenvolvimento de instrumentos de apoio à decisão e acções de formação específicas. Foram consideradas as seguintes fases de desenvolvimento:

- Fase_1: Caracterização da situação actual e desenvolvimento da página web. Corresponde fundamentalmente ao planeamento dos trabalhos, caracterização da situação nacional, em termos de saneamento, e ao desenvolvimento de uma página web.
- Fase_2: Identificação de soluções e capacitação. Corresponde à definição da “visão” para a evolução dos níveis de serviço em saneamento, incluindo o desenvolvimento e discussão de matrizes de soluções tecnológicas e abordagens elegíveis de gestão, bem como o desenvolvimento Plano Geral de Saneamento para uma cidade piloto e o desenvolvimento de um modelo de simulação.
- Fase_3: Desenvolvimento do projecto. Corresponde à elaboração do Projecto Executivo para a cidade piloto e divulgação de resultados.

A cidade piloto seleccionada foi o Xai-Xai, na província de Gaza, com mais de 100 000 habitantes, que apresenta problemas de saneamento especialmente críticos nomeadamente face a eventos de inundações, com riscos significativos de afetar pessoas e bens, e de contaminação de origens de água, nomeadamente por poluição orgânica e fecal.

Em face da matriz de soluções desenvolvida, e do caso específico em análise, foi dada ênfase às infra-estruturas e serviços de gestão de lamas fecais (incluindo o esvaziamento, recolha, transporte e tratamento). São previstas quatro estações de transferência (ET - localizadas no Bairro E (Praia), Bairro A, Patrice Lumumba A e em Coca Missava) e uma estação de tratamento de lamas fecais (ETLF), destinada ao tratamento/higienização das lamas, a implantar a Sul da Lixeira, numa zona alta, não inundável, aproveitando a disponibilidade de topografia, os acessos e o circuito dos camiões. A solução enquadra-se na adaptação dos serviços de saneamento urbano às alterações climáticas em Moçambique e apresenta, como mais-valia, a criação de uma cadeia de valor (com o tratamento e higienização de lamas e possível valorização na agricultura, aliada à eventual reutilização dos efluentes tratados para irrigação agrícola). A estimativa de custos de investimento para a solução recomendada (equipamento móvel, ET e ETLF) ascende a cerca de 8 milhões de USD, o que corresponde a um custo unitário por habitante servido relativamente reduzido, comparativamente a outras soluções alternativas e face aos benefícios decorrentes.

REFERÊNCIAS

- [1]-Oliveira, R. Proença de, *et al.* (2015). Managing the urban water cycle in a changing environment. *Water Utility Journal* 9: 3-12, 2015. E.W. Publications.
- [2]-WHO e UNICEF (2010). Progress on sanitation and drinking-water. 2010 Update. World Health Organization and UNICEF.
- [3]-WUP (2003). Better water and sanitation for the urban poor - Good Practice from sub-Saharan Africa Water Utility Partnership for Capacity Building (WUP) AFRICA.

ARTIGO REF: 6808

ENERGIA SOLAR TÉRMICA AO SERVIÇO DA AGRICULTURA ESPECIALIZADA

M.P.F. Graca^{1(*)}, D. Baptista¹, F.N. Freire², A.F. Almeida², L.H. Godinho³

¹Universidade de Aveiro, Departamento de Física (I3N) - Aveiro, Portugal

²Universidade Federal do Ceará - Departamento de Eng^a Mecânica - Fortaleza, Brasil

³JPrior group - Vagos, Portugal

(*)*Email*: mpfg@ua.pt

RESUMO

Desde o início do século XX o mundo vem sofrendo da crescente exploração dos seus recursos naturais, com as conhecidas consequências de poluição e degradação do meio-ambiente. A energia e o ambiente estão assim intimamente relacionados. Na reunião dos G8 em Julho de 2009 os principais líderes mundiais acordaram numa ambiciosa redução em 80% das emissões de carbono até 2050. Já em Março de 2000, quando da definição da “estratégia de Lisboa”, os líderes europeus haviam já assumido o compromisso de a UE se tornar, até 2010, “na economia baseada no conhecimento mais dinâmica e competitiva do mundo, capaz de garantir um crescimento económico sustentável, com mais e melhores empregos e com maior coesão social e respeito pelo ambiente”. Um dos principais objetivos a alcançar será a sustentabilidade ambiental, isto é, desenvolver e difundir as eco-inovações e construir a liderança na eco-indústria; seguir políticas que levem a melhorias de longo prazo e sustentadas na produtividade através da eco-eficiência. Essa estratégia requer um ambiente regulador favorável ao investimento, à inovação e ao espírito empresarial. O investimento em investigação é essencial de modo a exponenciar a interação entre pólos de conhecimento científico (universidades, institutos, etc.) e a indústria e o comércio, para assim promover a transferência de tecnologia e a inovação. Está amplamente comprovado em todo o mundo que os clusters de alta tecnologia se constituem com base nesta interação.

Neste trabalho iremos apresentar resultados de um projetor inovador que assume a energia solar térmica como fonte de energia principal para o controlo do ambiente interno de estufas agrícolas de alta eficiência. Sucintamente, o objetivo deste projeto é verificar a nível energético e, conseqüentemente, económico a viabilidade de construção de estufas agrícolas, com um elevado grau de eficiência térmica usando coletores solares térmicos de baixa temperatura para o aquecimento de água, a qual serve de acumulador de calor e de meio de transporte da energia térmica para o interior da estufa e, desse modo, reduzir a percentagem de energia de origem fóssil necessária para manter o ambiente da estufa dentro dos parâmetros requeridos pelo tipo de cultura.

A tecnologia de captação, acumulação e transporte de energia em causa é um invento nacional que se encontra já registada como Modelo de Utilidade em Portugal (MU nº 10218). Numa primeira fase deste projeto será implementado um protótipo que irá permitir estudar todas as variáveis associadas a este processo de modo a maximizar a eficiência energética. Numa segunda fase, e com base no conhecimento adquirido na primeira fase, será implementado numa estrutura industrial, uma estufa piloto com o objetivo principal de analisar a viabilidade económica deste tipo de estrutura no contexto da produção comercial, por comparação com uma estufa de dimensão semelhante estruturada de vidro, com aquecimento por caldeiras a

gasóleo. Os principais resultados pretendidos com este projeto são ajudar a promover conversão da agricultura tradicional - fortemente dependente do clima e caracterizada por condições de trabalho extremamente duras - numa agricultura mais técnica em ambiente controlado e, por isso, mais valorizada, irá ter certamente um enorme impacto na redução do risco e no aumento da produtividade das culturas, proporcionando condições de trabalho indiscutivelmente mais atraentes.

A figura 1 mostra o modelo do sistema implementado e a figura 2 imagens da implementação.

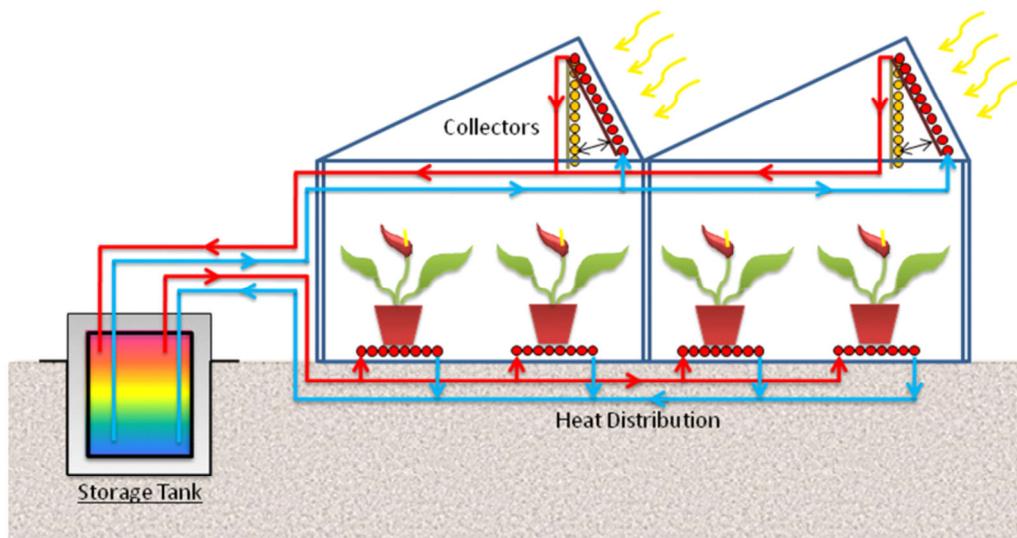


Fig. 1 - esquema do sistema de energia solar térmica aplicado a estufas agrícolas.



(a)



(b)

Fig. 2 – (a) sistema de distribuição localizada de calor na estufa protótipo; (b) vista geral de parte interna da estufa protótipo em estudo.

ARTIGO REF: 6821

AVALIAÇÃO DO PROJETO DE ECONOMIA CIRCULAR DE SANEAMENTO PARA A ÁREA METROPOLITANA DE MAPUTO (MOÇAMBIQUE)

António Monteiro^{1(*)}, Ana Nunes², Filipa Ferreira¹, José Saldanha Matos³, Paulo Óscar⁴, Carlos Noa Laisse⁴, Olinda Sousa⁴

¹CERis, Instituto Superior Técnico (IST), Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

²ENGIDRO, Estudos de Engenharia, Lda., Rua Luís Cristino da Silva, Lisboa, Portugal

³HIDRA, Hidráulica e Ambiente, Lda., Lisboa, Portugal

⁴Administração de Infra-Estruturas de Águas e Saneamento (AIAS), Maputo, Moçambique

(*)*Email*: antonio.jorge.monteiro@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO

Moçambique é um dos países em desenvolvimento, onde existe uma forte tendência para a migração das zonas rurais para as urbanas, uma elevada percentagem da população servida por latrinas, e onde a agricultura é uma importante fonte de subsistência. Porém, para uma eficiente produção agrícola são necessárias grandes quantidades de água e nutrientes, que podem ser vantajosamente fornecidos por unidades de tratamento de águas residuais e de estabilização de lamas fecais. No Plano Director de Saneamento da Área Metropolitana de Maputo, a economia circular aplicada ao tratamento de águas residuais e de lamas fecais surge como factor-chave no suporte à sustentabilidade e ao bem-estar da sociedade. Conclui-se que os efluentes tratados da estação de tratamento têm elevado potencial de utilização quando garantida a desinfecção adequada. Avaliando a análise custo-benefício retira-se que a valorização agrícola é uma solução ambiental e economicamente mais adequada do que a deposição em aterro.

INTRODUÇÃO

Moçambique é um dos países em desenvolvimento, onde existe uma forte tendência para a migração das zonas rurais para as áreas urbanas (WHO e UNICEF, 2010) e uma elevada percentagem da população servida por latrinas (WUP, 2003). Por outro lado, de acordo com a FAO (2012), cerca de 40% dos habitantes das cidades da África Austral têm na agricultura uma importante fonte de subsistência, especialmente pelo cultivo de frutas e leguminosas, na vizinhança do local onde residem, dentro ou nas zonas limítrofes das cidades. Este é o caso de Maputo onde se estima que, directa ou indirectamente, o mercado regional de produção alimentar (Maputo e Matola) tenha cerca de 40 000 postos de trabalho, incluindo milhares de vendedores (na sua maioria mulheres). O rendimento diário médio de um pequeno agricultor/produtor alimentar na área é cerca de 4 USD, muito acima da linha de pobreza nacional, de 0,5 USD/dia. Mas, para uma eficiente produção agrícola são necessárias grandes quantidades de água e nutrientes. Estes recursos podem ser vantajosamente fornecidos por unidades de tratamento de águas residuais e de estabilização de lamas fecais e podem ser aplicados com segurança na agricultura se nessas unidades forem utilizados os processos e operações unitárias adequadas. Neste âmbito, o Plano Director de Saneamento da Área Metropolitana de Maputo (Engidro/Hidra/Aquapor, 2016) foi uma oportunidade para alterar o paradigma convencional de controlo de poluição, que consiste na remoção de poluentes, para

um paradigma onde o efluente de saída e os potenciais subprodutos do tratamento são considerados como tendo interesse financeiro para as populações locais (economia circular). Esta abordagem contribui para a concretização dos Objectivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), particularmente os que são relativos ao uso eficiente de água e redução da pobreza e desigualdade. Além disso, é uma oportunidade para desenvolver competências específicas como resposta aos desafios das abordagens de engenharia tradicionais e emergentes, relativas ao ambiente, valor gerado e bem-estar das comunidades, e criar conhecimento adicional, que permitirá desenvolver ferramentas para inovar com valor acrescentado, em soluções de saneamento.

No Plano Director foi utilizada uma perspectiva inovadora de eficiência de soluções de tratamento em termos de água, energia e nutrientes com ênfase na recuperação de recursos como factor-chave no suporte à sustentabilidade e ao bem-estar da sociedade.

O desenvolvimento do Projecto foi feito em 3 Etapas. A Etapa 1 centrou-se na caracterização dos subprodutos tratados. Na Etapa 2 procedeu-se à identificação das áreas agrícolas para a reutilização dos subprodutos. E na Etapa 3 foi realizada uma Análise Custo-Benefício para a aplicação das lamas fecais.

ETAPA 1 - CARACTERIZAÇÃO DOS SUBPRODUTOS TRATADOS

A Etapa 1 realizou-se em Julho de 2014 e consistiu em campanhas para estimativa do caudal afluente à Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) de Infulene, incluindo medições do nível de água e da velocidade à entrada do canal. Foi também avaliado o desempenho da ETAR de Infulene em termos da qualidade do efluente tratado e eficiência de remoção de poluentes, por amostragem de água residual a montante e a jusante de cada lagoa, bem como por amostragem de lamas dos camiões limpa-fossas, que foram posteriormente analisados em laboratório relativamente aos parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

Caudais afluentes à ETAR de Infulene

Ao longo do dia 1 de Julho, as alturas de escoamento variaram entre 20 e 24 cm, e as velocidades médias do escoamento, obtidas a partir de traçadores superficiais, entre 0,3 e 0,5 m/s, resultando em valores de caudal entre 50 e 90 L/s. Ou seja, nesse período, verificou-se um caudal máximo de 90 L/s. Admitindo-se o caudal no período adverso (8 h de maior caudal do dia), como 1,4 do caudal médio, resulta num caudal médio diário de 50 L/s (4 320 m³/dia) com factor de ponta máximo da ordem de 1,8. Este caudal médio é compatível com a população equivalente servida, da ordem de 15 000 a 30 000 e.p. (equivalente populacional em caudal), dependendo da percentagem de infiltração (nível freático) e da capitação considerada na área de atendimento. Os resultados das análises atestam alguma diluição dos efluentes, pelo que é crível que o sistema inclua águas de limpeza e do nível freático em proporção significativa, sobretudo no período das chuvas. Resulta também do facto de haver, em grande parte, tratamento primário precedente, em fossas sépticas. Esses caudais são muito inferiores aos caudais de projecto assumidos em DHV (1984), que dimensionou o sistema para um caudal máximo de 0,576 m³/s, e uma população equivalente de projecto de 90 000 e.p.. Ou seja, os caudais actuais afluentes à ETAR são cerca de 15 a 20% dos caudais de projecto. Adicionando aos caudais de esgoto, os caudais de descarga de lamas, valor limite de 1 000 m³/dia (talvez o dobro do usual), resulta um caudal total afluente ao sistema de tratamento da ordem de 4 920 m³/dia (57 L/s). Ou seja, correspondente a um tempo de residência teórico nas lagoas anaeróbias de dois a três dias, e de 15 a 25 dias nas lagoas facultativas.

Caracterização do Efluente da ETAR de Infulene

A monitorização para avaliação do desempenho da ETAR de Infulene foi efectuada por diversas campanhas de amostragens, nos dias 1 de Julho, 3 de Julho e 13 de Agosto de 2014, em intervalos de entre duas e três horas. As primeiras recolhas tiveram início por volta das 08:00 h e a última às 17:30 h. As recolhas foram analisadas no SwissLab. O objectivo das campanhas intensivas foi ilustrar a evolução da concentração dos vários parâmetros ao longo do dia. Cada amostra recolhida foi analisada relativamente aos principais parâmetros de qualidade de efluentes de ETAR, designadamente: Sólidos Suspensos Totais (SST); Carência Química de Oxigénio (CQO); Nitratos; Coliformes totais; Coliformes fecais. Na última campanha (Agosto de 2014) pretendeu-se avaliar as características das lamas descarregadas, relativamente aos parâmetros SST e CQO. A selecção dos parâmetros atendeu ao disposto no Decreto n.º 18/2004, de 2 de Junho, relativo a Padrões de Qualidade Ambiental e de Emissão de efluentes.

Por cada um destes três dias, obtiveram-se resultados de quatro amostras, nas seguintes secções: obra de entrada, efluente da lagoa anaeróbia 1, da lagoa anaeróbia 2, da lagoa facultativa 1 e da lagoa facultativa 2.

Salienta-se que os resultados de amostras das lamas fecais resultaram em valores invulgarmente baixos (CQO = 985 mg/L; SST = 720 mg/L), face ao referido em bibliografia da especialidade, para lamas de fossa séptica (mínimos de 5 000 mg/L e 2 000 mg/L, respectivamente para a CQO e SST). Essa situação pode resultar de vários factores, incluindo: a) Falta de representatividade das amostras; b) Diluição das lamas com água do aquífero e/ou água da chuva, ou águas de outras origens.

Globalmente, o afluente apresenta um CQO médio nos 3 dias de 486 mg/L, e de SST de 412 mg/L, o que corresponde a um efluente “fraco” a “médio”, o que é compreensível face à diluição provocada pela entrada do aquífero local e pelo facto de parte dos efluentes já serem submetidos a um tratamento primário por fossas sépticas, talvez com eficiência entre 30 e 50%, antes de serem descarregados na rede de colectores.

Tipicamente, a concentração de coliformes totais ou, em média, varia entre 107 e 108 CFT/100 mL, num efluente bruto doméstico (Metcalf & Eddy, 1991).

Na Figura 1 apresenta-se a evolução média de concentração de poluentes, expressa em CQO e SST, ao longo do sistema de tratamento, face aos resultados obtidos.

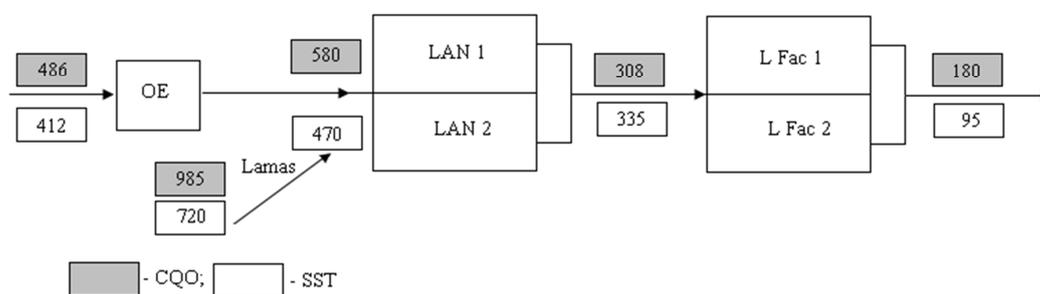


Fig. 1 - Evolução das concentrações de CQO e SST (mg/L), ao longo do sistema de tratamento.

A população equivalente, em termos de CQO, já considerando a contribuição das lamas, ascende a cerca de 23 000 e.p., ou seja, cerca de 25% da população de projecto da ETAR (90 000 e.p.).

Em termos médios, as eficiências globais obtidas para a ETAR do Infulene são da ordem de 69% para a CQO e de 80% para os SST, o que é admissível, face aos valores constantes na

bibliografia da especialidade para uma sequência lagoa anaeróbia - lagoa facultativa (i.e., 65% a 80% de eficiência para a CQO, e 70% a 80% da eficiência para os SST). Essas eficiências globais correspondem as eficiências parcelares, em CQO, de 50% para as lagoas anaeróbias e de 40% para as lagoas facultativas (e de 30% para as lagoas anaeróbias, e de 70% para as lagoas facultativas, em termos de SST).

A qualidade do efluente final não satisfaz os requisitos constantes no Decreto 18/2004 de 2 de Junho, designadamente para SST ($< 60 \text{ mg/L}$) e CQO (ou DBO) ($< 150 \text{ mg/L}$), nem em termos de qualidade do efluente para rega agrícola ($< 102 \text{ CF/100 mL}$).

Considera-se que as insuficiências de tratamento da ETAR dizem fundamentalmente respeito às lagoas anaeróbias (baixos tempos de retenção hidráulico e escassos volumes úteis disponíveis) e à carência de condições para realização de uma desinfecção eficiente, o que se torna especialmente crítico, dado o aproveitamento agrícola que é dado ao efluente final.

ETAPA 2 - IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS AGRÍCOLAS PARA REUTILIZAÇÃO DOS SUBPRODUTOS

Na Etapa 2 procedeu-se à identificação das áreas agrícolas para a reutilização dos subprodutos. Assim, as áreas agrícolas foram identificadas como áreas que podem permitir o aumento do valor das lamas fecais produzidas na Estação de Tratamento de Lamas Fecais (ETLF), nomeadamente através da sua utilização como fertilizante.

Na figura seguinte representam-se as referidas zonas, quantificando-se também as áreas totais de terrenos agrícolas por distrito.

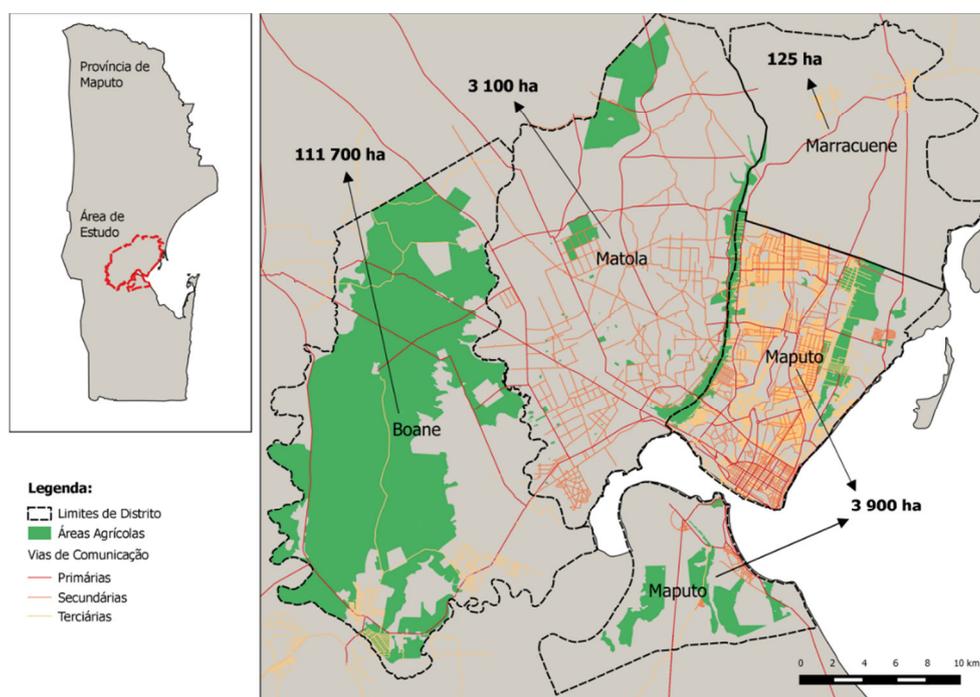


Fig. 2 - Identificação de áreas agrícolas

Verifica-se que as zonas agrícolas no interior da área de estudo perfazem uma área total de aproximadamente 119 mil ha. Assumindo a aplicação agrícola de 6 toneladas de lamas por hectare de terreno agrícola e por ano (expressa em matéria seca), o potencial máximo de lamas que pode ser aplicado corresponde a cerca de 713 mil toneladas/ano, muito superior ao valor que potencialmente se poderá produzir (cerca de 4 600 toneladas/ano em 2025).

As áreas agrícolas referenciadas, também poderão ser naturalmente beneficiadas com irrigação a partir de efluentes tratados e desinfectados. Do ponto de vista de efluentes do sistema de tratamento do Infulene ter-se-á, ao longo do horizonte de projecto, e com a conclusão das infra-estruturas de drenagem dos Municípios de Maputo e da Matola, uma evolução de caudais entre os actuais 4 000 a 5 000 m³/dia e valores da ordem de 50 000 m³/dia, dez vezes superiores. Ou seja, potencialmente, o efluente tratado poderá fornecer água e nutrientes para utilização na produção de alimento no Vale do Infulene, a Norte e a Sul do sistema de lagunagem.

ETAPA 3 - ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO DA APLICAÇÃO DE LAMAS FECAIS

Nesta etapa foi realizada uma Análise Custo-Benefício para a aplicação das lamas fecais. Foi feita uma comparação com base nos custos associados a cada uma das seguintes actividades: a) Deposição em Aterro: esta alternativa considerou o transporte das lamas entre a ETLF e o destino final de deposição e os custos associados à deposição em aterro; b) Uso Agrícola: esta alternativa considerou o custo adicional de adição de cal às lamas para garantir a sua estabilização química e bacteriológica e os custos associados ao ensacamento para posterior distribuição. Foram considerados dois tipos de distribuição de lamas: i) distribuição com transporte gratuito para áreas agrícolas perto das ETLF (estes custos foram adicionados aos valores de comparação para esta opção); ii) provisionamento das lamas na ETLF para serem recolhidas pelo utilizador final (neste caso não existem custos associados ao transporte).

De realçar que, os custos associados ao controlo analítico não foram contabilizados para comparação de alternativas, uma vez que estes terão de ser efectuados independentemente da solução adoptada.

Deposição em Aterro

Para estimativa dos custos associados ao transporte e deposição de lamas foram considerados os critérios apresentados no quadro seguinte, tendo-se considerado que cada veículo é operado por um motorista e um servente/auxiliar.

Tabela 1 - Deposição em Aterro - Critérios para Estimativa de Custos

Critério	Unidade	Valor
Capacidade do veículo de transporte	ton.	10
Consumo do veículo	l/km	0,7
Preço do combustível	USD/l	1,01
Manutenção do veículo	USD/km	0,36
Velocidade média	Km/h	9
Custo com Motorista	USD/mês	275
Custo com Servente / Auxiliar	USD/mês	149
Custo de transporte	USD/km/ton.	0,13
Custo de deposição	USD/ton.	4,13

Na figura seguinte apresentam-se os percursos considerados entre cada uma das ETLF e o aterro no qual poderão ser depositadas as lamas produzidas.

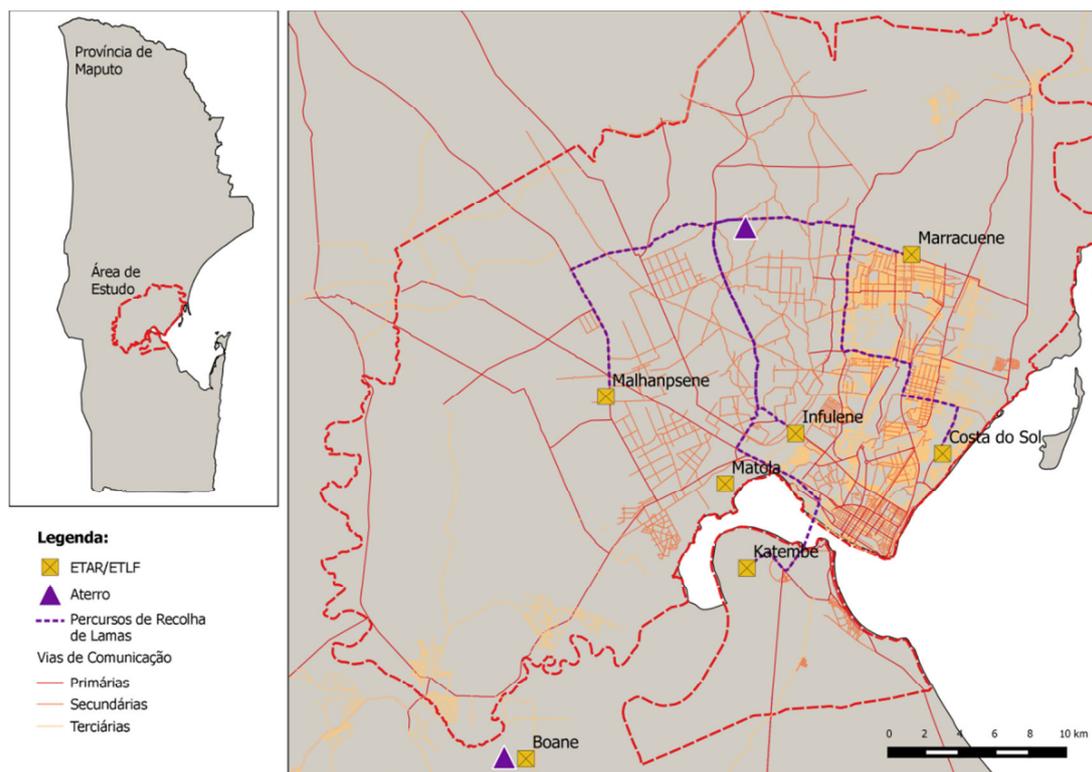


Fig. 3 - Deposição em Aterro - percursos viários a partir de cada estação de tratamento

Considerando os critérios apresentados no quadro anterior e os percursos representados na figura anterior, foram estimados, para cada uma das ETAR/ETLF, os custos por tonelada de lamas depositada em aterro.

Tabela 2 - Deposição em Aterro - Custos Unitários por ETAR/ ETLF

ETAR/ETLF	Distância ao Aterro (km)	Custo unitário de transporte (USD/km/ton)	Custo de transporte (USD/ton)	Custo unitário de depósito em aterro (USD/ton)	Custo total de transporte e deposição em aterro (USD/ton)
Matola	19,2	0,13	5,17	4,13	..9,30
Malhampsene	19,2		5,17		9,30
Marracuene	11,0		2,96		7,09
Costa do Sol	26,1		7,03		11,15
Infulene	16,2		4,36		.8,49
Boane	1,0		0,27		.4,40

Com base nos critérios apresentados e na quantidade de lamas produzidas em cada uma das ETAR/ETLF, foram estimados os custos totais anuais com o transporte e deposição em aterro, de acordo com o apresentado no quadro seguinte.

Tabela 3 - Deposição em Aterro - Estimativa de Custos

ETAR/ETLF	Lamas Produzidas (m ³ /ano)		Custo total de transporte e deposição em aterro (USD/ano)	
	2025	2040	2025	2040
Malhampsenem	5 503	15 489	51 160	143 987
Marracuene	5 788	15 364	41 025	108 902
Costa do Sol	9 125	11 315	101 785	126 213
Infulene/Matola	11 801	20 132	100 168	170 887
Boane	86	395	378	1 734
Total	32 303	62 694	294 516	551 723

Da análise ao quadro anterior, verifica-se que os custos anuais referentes ao transporte e depósito de lamas em aterro, considerando o total das 6 ETLF, são de aproximadamente 295 mil USD em 2025 e de 552 mil USD em 2040.

Valorização Agrícola

Para determinar os custos associados à adição de cal e ensacamento, foram considerados os critérios apresentados no quadro seguinte.

Tabela 4 - Valorização Agrícola - Critérios para Estimativa de Custos

Critério	Unidade	Valor
Quantidade de cal adicionada	Kg/ton. de lamas	20
Custo de cal hidratada	USD/kg	0.032
Outros custos associados à adição de cal	USD/kg	0.016
Custo de Adição de Cal	USD/ton	0.97
Custo de Ensacamento	USD/ton	3.68

Uma vez que, em geral, os custos com adição de cal e ensacamento são inferiores aos custos de transporte e deposição em aterro associados à alternativa anterior, foi determinada uma distância até à qual é economicamente vantajoso entregar lamas nas zonas agrícolas a partir de cada uma das ETLF.

Assim, de acordo com o apresentado na Tabela 5, foi determinada a distância até à qual a distribuição das lamas será efectuada gratuitamente. A restante quantidade de lamas, que não será distribuída, estará igualmente disponível como fertilizante ensacado a um custo zero para os utilizadores, sendo que neste caso os agricultores terão a seu cargo o transporte das lamas até às suas propriedades.

Verifica-se que a ETLF de Boane é a única instalação a partir da qual não é vantajoso fazer distribuição gratuita, uma vez que terá um aterro adjacente para depósito na sua proximidade. No entanto, uma vez que a área envolvente a esta ETLF é caracterizada por uma forte componente agrícola, é expectável que as lamas produzidas sejam recolhidas pelos proprietários destes terrenos.

Quanto à ETLF da Matola, também foi considerado que não efetuará serviço de distribuição até às zonas agrícolas, uma vez que na sua área de influência as zonas agrícolas representam áreas muito pouco significativas, podendo ser servidas a partir das ETLF de Infulene e Malhampsenem.

Tabela 5 - Valorização Agrícola - Determinação de Distâncias para Distribuição Gratuita

ETAR/ETLF	Custo total de transporte e deposição em aterro (USD/ton)	Custo total com adição de cal e ensacamento (USD/ton)	Custo disponível para transporte gratuito (USD/ton)	Custo unitário de transporte (USD/km/ton)	Distância para distribuição agrícola (km)
Matola	9.30	4.65	4.64	0.13	17.2
Malhampsene	9.30		4.64		17.2
Marracuene	7.09		2.43		9.0
Costa do Sol	11.15		6.50		24.1
Infulene	8.49		3.83		14.2
Boane	4.40		0.00		0.0

Desta forma, a solução preconizada no Plano Director consiste em criar centros de distribuição com transporte até às zonas agrícolas, nomeadamente a partir das ETAR de Costa do Sol e de Infulene, ETLF de Malhampsene e de Marracuene. Quanto às lamas produzidas na ETLF de Boane ou na alternativa de ETAR da Matola, estas serão igualmente preparadas para serem utilizadas como fertilizante, sendo que nestes casos a recolha das sacas de lamas será efectuada pelos utilizadores na envolvente.

Na Figura 4 apresentam-se todas as zonas agrícolas enquadradas na área de estudo.

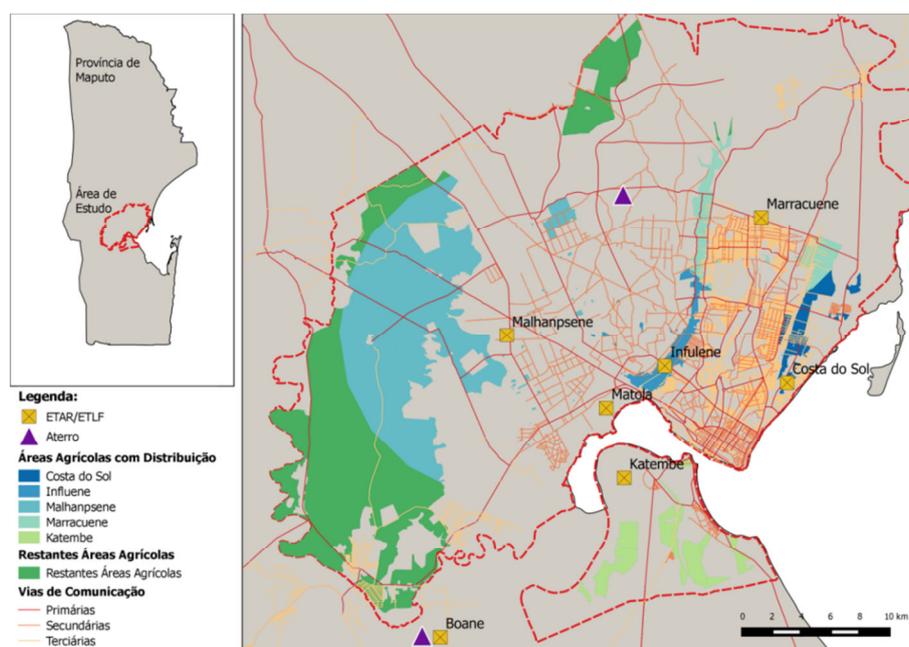


Fig. 4. - Valorização Agrícola - Potencial de distribuição por sistema de tratamento

Considerando a utilização agrícola de 6 toneladas de lamas por hectare de terreno agrícola (expressa em matéria seca), estimaram-se as quantidades de lamas que serão distribuídas até aos terrenos agrícolas e de lamas que serão disponibilizadas para recolha nas ETLF (Tabela-6).

Com base nas quantidades de lamas e custos unitários anteriormente apresentadas, foram determinados os custos associados à alternativa de valorização agrícola das lamas, os quais se apresentam no quadro seguinte. Ressalva-se que para estimativa do custo de transporte das lamas até aos terrenos agrícolas, foi considerada uma distância média entre as ETLF e os terrenos agrícolas da área de influência, a qual se apresenta igualmente na Tabela 7.

Tabela 6 - Valorização Agrícola - Quantidade de Lamas

ETAR/ETLF	Terrenos agrícolas na área de influência (ha) ⁽¹⁾	Lamas produzidas (m ³ /ano)		Lamas distribuídas com transporte gratuito (m ³ /ano)		Lamas disponíveis para recolha na ETLF (m ³ /ano)	
		2025	2040	2025	2040	2025	2040
Malhampsene	11 710	5 503	15 489	5 503	15 489	0	0
Marracuene	1 310	5 788	15 364	5 788	13 103	0	2 261
Costa do Sol	901	9 125	11 315	9 125	11 315	0	0
Infulene	872	11 801	20 132	8 716	8 716	3 084	11 415
Boane	0	86	395	0	0	86	395
Total	14 793	32 303	62 694	29 132	48 622	3 170	14 071

(1) - São considerados apenas os terrenos integrados na área de influência para a qual é economicamente vantajoso efectuar distribuição das lamas até às propriedades agrícolas, ou seja, os terrenos que contribuem para o cálculo das “lamas distribuídas com transporte gratuito”

Tabela 7 - Valorização Agrícola - Estimativa de Custos

ETAR/ETLF	Distância média aos terrenos agrícolas (km)	Custo de lamas distribuídas com transporte gratuito (USD/ano)		Custo com lamas disponíveis para recolha na ETLF (USD/ano)		Custo Total (USD/ano)	
		2025	2040	2025	2040	2025	2040
Malhampsene	10.3	40 854	114 982	0	0	40 854	114 982
Marracuene	0.0	26 940	60 988	0	10 526	26 940	71 514
Costa do Sol	10.0	67 091	83 193	0	0	67 091	83 193
Infulene	5.1	52 455	52 455	14 356	53 135	66 811	105 590
Boane	0.0	0	0	401	1 837	401	1 837
Total	6.3	187 340	311 618	14 757	65 498	202 097	377 115

Da análise ao quadro anterior, verifica-se que os custos anuais referentes à alternativa de valorização agrícola das lamas, considerando as ETAR/ETLF acima referidas, são de aproximadamente 202 mil USD em 2025 e de 377 mil USD em 2040.

Note-se que caso haja adesão a este serviço por parte dos proprietários e pessoas que exploram os terrenos agrícolas, verifica-se que as zonas agrícolas existentes no interior da área de intervenção do Plano são suficientes para garantir um destino final ao total de lamas produzidas nas ETLF. No entanto, a recolha de lamas nas ETLF estará naturalmente disponível a todos os interessados, mesmo que provenientes de zonas fora da área de intervenção.

VALORIZAÇÃO AGRÍCOLA DE EFLUENTES TRATADOS

Desde que se garanta uma desinfecção eficiente dos efluentes nos sistemas de tratamento do Infulene e da Costa do Sol, as águas residuais tratadas podem ser usadas para usos compatíveis, seja para limpeza de espaços públicos, seja para rega de jardins e para produção agrícola.

No caso da Cidade de Maputo, a melhoria da produção agrícola pode afectar positivamente a vida de muitos milhares de habitantes, assumindo-se como um destino preferencial de aplicação dos efluentes tratados, com vantagens não só económicas, como ambientais.

Reportando ao sistema do Infulene, e ao cenário actual de afluência de caudais, o potencial de área a regar, para uma dotação média de rega de 5 000 m³/(ha.ano), seria da ordem de 250 ha a 300 ha, se fosse utilizado todo o efluente. No entanto esta utilização obrigaria a dispor de vastos volumes de reserva, e a garantir o transporte de água (incluído bombagem) para os locais de aplicação.

SÍNTESE DE CUSTOS E CONCLUSÕES

A análise custo-benefício realizada demonstra que a valorização agrícola é uma solução mais adequada não só do ponto de vista ambiental, uma vez que evita a deposição de lamas em aterro, mas também por ser uma alternativa mais económica (-32%). Contudo, o sucesso desta alternativa depende do compromisso e empenho dos agricultores urbanos ao serviço. Recomenda-se, então, implementar um programa de consciencialização e informação desse serviço entre os potenciais utilizadores e actores responsáveis pela exploração agrícola na região.

O quadro seguinte apresenta em resumo a estimativa de custos efectuada para as duas alternativas analisadas, nomeadamente a deposição das lamas em aterro e valorização agrícola das lamas.

Tabela 8 - Resumo da Estimativa de Custos

ETAR/ETLF	Custo com deposição em aterro (USD/ano)		Custo com valorização agrícola (USD/ano)	
	2025	2040	2025	2040
Malhampsene	51 160	143 987	40 854	114 982
Marracuene	41 025	108 902	26 940	71 514
Costa do Sol	101 785	126 213	67 091	83 193
Infulene	100 168	170 887	66 811	105 590
Boane	378	1 734	401	1 837
Total	294 516	551 723	202 097	377 115

Relativamente aos efluentes tratados da ETAR, o seu potencial de utilização é também muito elevado, desde que seja garantida a adequada desinfecção. De facto, actualmente quase a totalidade do efluente tratado da ETAR do Infulene está a ser utilizada para fins agrícolas, embora sem as condições mínimas de segurança. A utilização destes efluentes tratados deve ser feita por motivos económicos, em áreas perto das ETAR. A oferta de efluente tratado é bastante inferior à procura actual mas a reutilização de apenas 25% do caudal de projecto poderá permitir aproximadamente irrigar 100 ha.

REFERÊNCIAS

- [1]-Engidro/Hidra/Aquapor, Efficient use of wastewater and faecal sludge treatment resources. Sanitation and drainage Master Plan for the greater Maputo Metropolitan Area. Feasibility studies for priority solutions, Vol. A1, AIAS, (2016).
- [2]-FAO, Growing greener cities in Africa. First status report on urban and peri-urban horticulture in Africa. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2012).
- [3]-Metcalf, Eddy, and H. P. Eddy. "Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse 3 (1991).
- [4]-WHO e UNICEF, Progress on sanitation and drinking-water. 2010 Update. World Health Organization and UNICEF (2010).
- [5]-WUP, Better water and sanitation for the urban poor - Good Practice from sub-Saharan Africa Water Utility Partnership for Capacity Building (WUP) (2003).

ARTIGO REF: 6868

SIMULAÇÃO MATEMÁTICA DE SURTOS DE CÓLERA

Daive M. dos Santos^{1(*)}, Jorge M.G.P. Isidoro^{2,3}

¹Royal HaskoningDHV - Maputo, Moçambique

²Universidade do Algarve, Instituto Superior de Engenharia - Faro, Portugal

³Centro de Ciências do Mar e do Ambiente (MARE) - Coimbra, Portugal

(*)*Email*: dmgsantos@gmail.com

RESUMO

Em áreas de ocupação humana com sistemas de saneamento deficientes, é frequente a proliferação de epidemias de origem hídrica em tempo de chuva, sendo uma das mais impactantes em termos de saúde pública a cólera. O estudo de modelos de previsão destes surtos são importantes ferramentas para apoiar a sua prevenção e o conhecimento do seu desenvolvimento. Em Moçambique são registados com alguma frequência surtos de cólera (Aragón *et al.*, 1994), nomeadamente no início da época das chuvas, devido às águas de escorrência superficial contaminadas com organismos patogénicos, resultante da mistura entre águas pluviais e sanitárias.

A cólera é uma doença diarreica causada por infeção bacteriana do intestino pelo agente *Vibrio cholerae*, podendo assumir o tipo de *O1* ou *O139*. A cólera pode levar rapidamente a desidratação grave e morte se não tratada [WHO, 1993]. A cólera apresenta-se com um início súbito de profusas fezes líquidas, sem dor, muitas vezes acompanhada de vómitos, e sem pirexia. A desidratação surge após 12 e as 24 horas, sendo que nas formas graves há diarreia intensa e vómitos, com significativa perda de fluidos, entre 10 a 20 litros/dia [Bauernfeind *et al.*, 2004].

Os seres humanos são o principal reservatório de *Vibrio cholerae*. Outros reservatórios potenciais são a água, alguns moluscos, peixes e plantas aquáticas. Os vibriões crescem facilmente em água salina e em meios alcalinos, sobrevivendo a baixas temperaturas. Contudo, não sobrevivem em meios ácidos, sendo por exemplo destruídos pelo ácido gástrico no estômago. Os vibriões são também destruído por desinfetantes (cloro) ou por ebulição durante pelo menos um minuto [Bauernfeind *et al.*, 2004].

Os fatores de risco para a origem e a proliferação da cólera estão essencialmente ligados a ambientes económica e socialmente deprimidos, com condições de vida precárias da população. A falta de abastecimento de água em quantidade e qualidade, a falta de infraestruturas de saneamento e as más práticas de higiene, e a elevada densidade populacional são os principais fatores de risco. A Tabela 1 apresenta as principais características dos surtos de cólera.

Neste trabalho será feita a abordagem da teoria de Kermack-McKendrick (Kermack & McKendrick, 1927) aplicada ao desenvolvimento dos surtos de cólera, em que a contaminação é efetuada pelo meio ambiente, pela via hídrica. Este modelo determinístico, usualmente conhecido por modelo SIR, divide a população em três compartimentos: Suscetíveis (S), Infetados (I) e Recuperados (R) (ver Figura 1).

Serão ainda discutidas as variáveis que influenciam o modelo, as formas de controlo e as implicações destas no processo de modelação, assim como, as limitações e dificuldades associadas ao processo de modelação (e.g., Wang & Wang, 2016; Lemos-Paião *et al.*, 2016).

Tabela 1 - Características dos surtos de cólera [Bauernfeind et al., 2004].

	Áreas rurais extensas	Áreas urbanas e favelas	Campos de refugiados
Densidade de população	Baixa	Alta	Alta a muito alta
População	Alta	Alta	Baixa
Mobilidade da população	Móvel e espalhada	Móvel	Baixa mobilidade
Taxa de incidência (%)	0.1 a 2	1 a 5	1 a >5%
Tempo até ao pico do surto (meses)	1.5 a 3	1 a 2	0.5 a 1
Número de casos antes do pico (%)	40	40	40
Duração da fase epidémica (meses)	3 a 6	2 a 4	1 a 3
Óbitos (com tratamento disponível) (%)	<5	2 a 5	<2

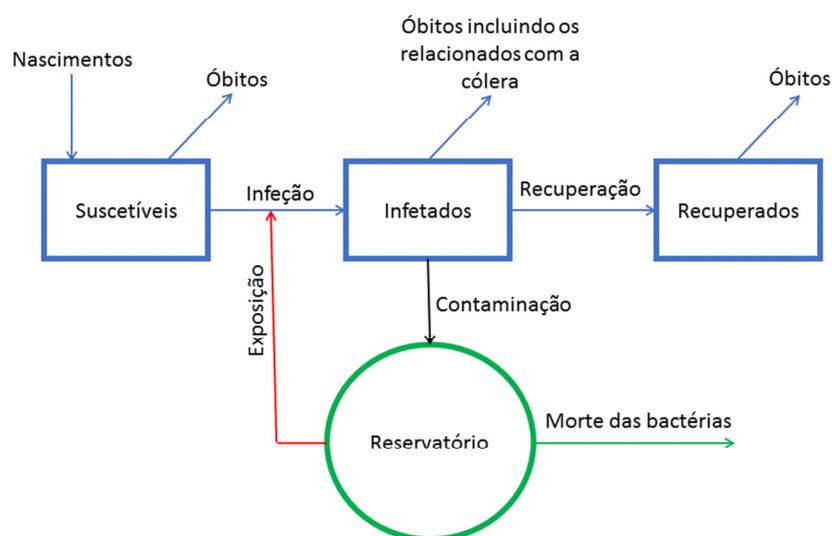


Fig. 1 - Modelo SIR aplicado aos surtos de cólera.

REFERÊNCIAS

- [1]-Aragón, M. *et al.*, Epidemiologia da cólera em Moçambique no período de 1973-1992, *Rev. Saúde Públ.*, 28 (1994), 332-336.
- [2]-Bauernfeind, A. Croisier *et al.*, *Cholera Guidelines*, Médecins Sans Frontières, (2004).
- [3]-Kermack, W.O. & McKendrick, A.G., A contribution to the mathematical theory of epidemics, *Proc. Royal Society London - A*, 115 (1927) 700-721.
- [4]-Lemos-Paião, A.P. *et al.*, An epidemic model for cholera with optimal control treatment, *J. Comput. Appl. Math.*, (2016) dx.doi.org/10.1016/j.cam.2016.11.002.
- [5]-Wang, X. & Wang, J., Disease dynamics in a coupled cholera model linking within-host and between-host interactions, *J. Biol. Dyn.*, (2016) 1-25.
- [6]-WHO - World Health Organization, *Guidelines for cholera control*, (1993).

ARTIGO REF: 6880

OPTIMIZED DESIGN OF A DAM WITH RESPECT TO THE COEFFICIENTS OF POLYNOMIALS DEFINING ITS SHAPE

Anca-Maria Toader^{1(*)}, Cristian Barbarosie¹, Sérgio Oliveira²

¹Universidade de Lisboa, Depart. Matemática (DMFCUL) - Lisboa, Portugal

²Laboratório Nacional de Engenharia Civil - Lisboa, Portugal

(*)*Email*: atoader@fc.ul.pt

ABSTRACT

When designing a dam, several factors are to be taken into account, an important one being safety requirements. The question arises of how to use the least quantity of material (concrete) while maintaining the strength of the resulting structure. This can be achieved by minimizing certain functionals depending on the characteristics of the dam, namely on its shape.

The mechanical behavior of the dam is modeled by the linearized equations of elasticity, where the elastic tensor is considered homogeneous and isotropic. Homogeneous Dirichlet boundary conditions are imposed on the parts of the dam which are in contact with the rock and Neumann boundary conditions are imposed on the rest of the boundary.

Several different functionals can be minimized, the easiest choice is to minimize the compliance of the dam, however, this choice is not realistic; the compliance is an overall quantity and a low compliance does not forbid the appearance of stress concentrations. A realistic approach should take into account local quantities (stress or strain). On the other hand, we recall that the concrete is a brittle material, which means that it does not resist well to traction stresses. This can be expressed mathematically by imposing that the stress tensor has only negative eigenvalues. The optimized design should only present compression stresses at each point of the dam.

Along the optimization process, the shape of the dam will vary. This variation is usually achieved through infinitesimal variations of the boundary in the normal direction. These variations are modeled by a vector field normal to the boundary. The optimization consists of minimizing a chosen functional and is based on the so called shape derivative which is the derivative of the objective functional with respect to the vector field defining the variation of the boundary, according to [Pironneau, 1984] and [Delfour & Zolezio, 2011].

The computation of the shape derivative is a lengthy process and produces an expression which depends in a highly implicit way on the infinitesimal variation of the boundary. This dependency is made explicit by using the adjoint method. This method, which is an essential ingredient in optimization, consists in introducing an auxiliary problem, called adjoint problem, of the same nature as the state equations of elasticity. The solution of this problem, called adjoint state, allows one to express the shape derivative in an explicit formula, as a boundary integral of a certain density multiplied by the normal component of the vector field defining the variation of the boundary. This density is expressed in terms of the solution of the state equation and of the adjoint state.

In order to use as few material as possible, a constraint on the total volume of material is added. This can be done through a penalty term or through a multi objective optimization approach. The shape derivative of the volume of the body is easy to compute.

The shape of a dam is often designed by using a polynomial parametrization of its boundary. A number of levels at given heights are chosen and the cross section of the dam corresponding to each level is described by two polynomials, one for the front and another for the rear part. One variable polynomials are used and symmetry is ensured by choosing only even powers of the variable. Our goal is to use the coefficients of these polynomials as optimization parameters. This means that instead of the shape derivative we need to compute the derivative of the objective functional with respect to the coefficients of the polynomials. This process can be regarded as the derivative of a composition of functionals.

Numerical simulations will be discussed.

REFERENCES

- [1]-Pironneau, O., Optimal shape design for elliptic systems, Springer Series in Computational Physics (1984).
- [2]-Delfour, M.C. & Zolezio, J.-P., Shapes and Geometries: Metrics, Analysis, Differential Calculus, and Optimization, Advances in Design and Control, SIAM (2011).

ARTIGO REF: 7000

OTIMIZAÇÃO E ANÁLISE DE ROBUSTEZ DE LIGAÇÕES APARAFUSADAS EM ESTRUTURAS METÁLICAS

Carlos Conceição António^(*)

Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, Depart. Eng^a Mecânica - Porto, Portugal

^(*)*Email:* cantonio@fe.up.pt

RESUMO

Tendo como objectivo a obtenção do menor custo da ligação respeitando as restrições geométricas e de integridade estrutural impostas pela regulamentação em vigor, o Eurocódigo 3 e o Regulamento de Estruturas em Aço para Pontes e Edifícios, formula-se um problema de minimização restringido. Este problema é resolvido recorrendo ao um algoritmo de optimização de pesquisa evolucionária. Na parte da Ligação Aparafusada topo-a-topo por cobre-juntas apresenta-se a definição teórica para Perfis Iguais incluindo as restrições previstas no EC3. O problema é estudado do ponto de vista da Imputação de Custos de mão-de-obra e a criação de Bibliotecas de Materiais. A permuta estruturada de informação efectuada pelos operadores do algoritmo evolucionário baseado numa estratégia elitista permite a contínua melhoria da solução de projecto com mérito mais elevado na população. Assim, a pesquisa conduz sempre à obtenção de uma solução à qual corresponde o menor custo e à satisfação das restrições de projecto de acordo com os códigos de construção. Por último é estudada a variabilidade da solução ótima em função das acções em jogo na junta aparafusada.

INTRODUÇÃO

O projecto ótimo de estruturas metálicas é hoje em dia uma mais-valia atendendo aos custos envolvidos e às condições impostas pelos códigos construtivos. Em geral a optimização de estruturas metálicas baseia-se no peso da estrutura como variável relacionada com os custos de construção. Todavia, as estruturas metálicas obrigam ao seccionamento em elementos estruturais mais pequenos por motivos diversos relacionados com a tecnologia de construção, o transporte e a montagem da estrutura no seu todo. Daqui resulta a necessidade de considerar no projecto ótimo de estruturas metálicas o problema das ligações dos elementos estruturais. Este aspecto tem como consequência a exigência de um nível de detalhe mais elaborado dos custos e das restrições impostas pelas normas construtivas. Os custos de projecto e de execução das ligações estruturais nos dias de hoje podem representar até 20% do custo total da obra (Pavlovčič *et al.* 2004) o que torna premente a necessidade de reduzir ao mínimo estes custos e justifica a preocupação e o esforço de optimização que se tem verificado desde então.

Neste trabalho apresentam-se as soluções mais racionais do ponto de vista económico e de robustez para unir perfis usando chapas, parafusos, porcas e anilhas de diversos aços respeitando as restrições impostas pelo Eurocódigo 3 (EC3). Este tipo de ligação é denominado de Ligação topo-a-topo por cobre-junta e é aplicável aos seguintes casos: a) Ligações Rígidas segundo o §6.4.2.2, b) Ligações com resistência parcial segundo o §6.4.3.3, c) Ligações ao corte - Categoria A segundo o §6.5.3.1(2), d) Ligações traccionadas - Categoria D segundo o §6.5.3.2.(Eurocódigo 3).

Tendo como objectivo a obtenção do menor custo da ligação respeitando as restrições geométricas e de integridade estrutural impostas pela regulamentação em vigor, o Eurocódigo 3 (EC3) e o Regulamento de Estruturas em Aço para Pontes e Edifícios (REAPE), formula-se um problema de minimização restringido. Este problema é resolvido recorrendo a um algoritmo de optimização de pesquisa evolucionária (Conceição António 2001). Na parte da Ligação Aparafusada topo-a-topo por cobre-juntas apresenta-se a definição teórica para Perfis Iguais incluindo as restrições previstas no EC3. O problema é estudado do ponto de vista da Imputa o de Custos de mão-de-obra e a criação de Bibliotecas de Materiais.

Na definição do problema de optimização apresentado neste trabalho consideram-se apenas ligações topo a topo de perfis iguais com juntas aparafusadas e cobre-juntas, conforme se apresenta na Figura 1. Considere-se que a ligação aparafusada é composta por linhas e colunas de parafusos com o respectivo par de anilhas e porcas. A ligação   simétrica em rela o ao plano médio do perfil paralelo   alma e também   simétrica ao plano que separa os dois perfis. Na definição das acções em jogo neste problema considerou-se que os carregamentos são todos complanares com o pórtico da estrutura gerando um Momento Flector, Esforço Transverso e Esforço Normal.

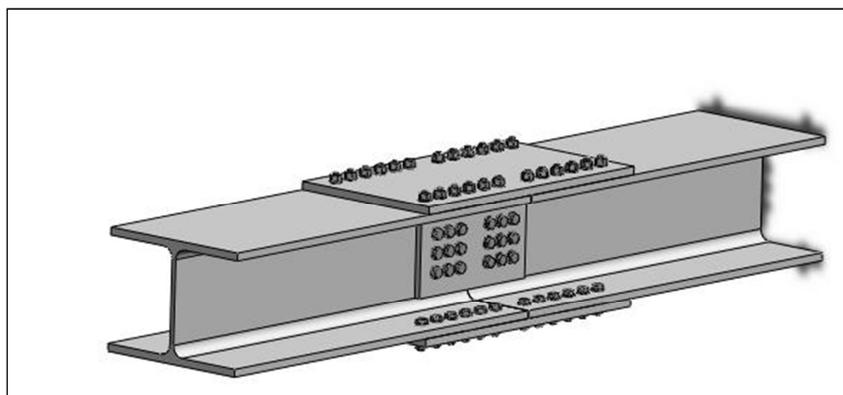


Fig. 1 - Ligação topo a topo de dois elementos estruturais com cobre-juntas aparafusadas.

As variáveis usadas no dimensionamento óptimo das juntas são designadas por variáveis de projecto. As variáveis de projecto são assim: número de colunas de parafusos, o número de linhas de parafusos, as espessuras das cobre-juntas, os diâmetros dos parafusos, as distâncias entre colunas de parafusos, os materiais dos parafusos, os materiais das chapas de cobre-juntas. Estas variáveis referem-se quer ao banzo quer   alma dos perfis a unir.

As restrições geométricas e associadas à análise da integridade estrutural da junta aparafusada previstas pelo Regulamento Europeu (Eurocódigo 3) para o dimensionamento de ligações viga-viga perfazem um total de 52 restrições

DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

A ligação   do tipo união viga topo-a-topo usando parafusos, anilhas e porcas de acordo com as normas EN. Aplica-se a ligações do tipo cobre-junta simples dos tipos: (a) Ligações *rígidas* segundo o  6.4.2.2, (b) Ligações com *resistência parcial* segundo  6.4.3.3, (c) Ligações ao *corte-Categoria A* definidas em  6.5.3.1, (d) Ligações *traccionadas-Categoria D* definidas em  6.5.3.2. Considere-se que a ligação   simétrica e está dividida em linhas e colunas de parafusos de acordo com a Fig.1.

As variáveis de projecto são: $n_c^{(1)}$ e $n_c^{(2)}$, número de colunas de parafusos; $n_l^{(1)}$ e $n_l^{(2)}$, número de linhas de parafusos; $t^{(1)}$ e $t^{(2)}$, espessuras da cobre-junta; $d^{(1)}$ e $d^{(2)}$, diâmetros dos parafusos; $p_1^{(1)}$ e $p_1^{(2)}$, distâncias entre colunas de parafusos; $m_p^{(1)}$ e $m_p^{(2)}$, materiais dos parafusos; $m_c^{(1)}$ e $m_c^{(2)}$, materiais das cobre-juntas. Os índices superiores indicam a localização: (1) no banzo e (2) na alma.

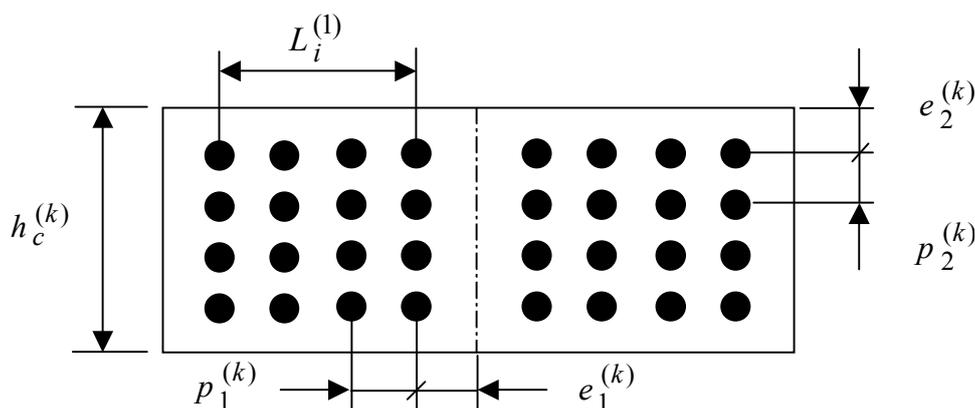


Fig. 2- Ligação com cobre-junta.

Restrições geométricas

Estas restrições relacionam-se com limitações geométricas associadas ao tipo de perfil a ligar, ao tipo de parafusos e às distâncias, segundo o EC3. As restrições são definidas no Eurocódigo 3 (EC3), em formato de inequações, têm de ser modificadas para se adaptar ao formato usado no projecto óptimo que prevê a normalização das restrições. Na ligação k a restrição ao número de linhas é

$$g_1^{(k)} = n_l^{(k)} - INT \left(\frac{h_c^{(k)} - 3d_0^{(k)}}{3d_0^{(k)}} \right) - 1 \leq 0 \quad (1)$$

sendo o diâmetro do furo $d_0^{(k)}$ e a folga $f_p^{(k)}(d^{(k)})$ definidos segundo o §7.5.2. do EC3:

$$d_0^{(k)} = d^{(k)} + f_p^{(k)}(d^{(k)}) \quad \text{com,}$$

$$f_p^{(k)}(d^{(k)}) = INT \left(2 \left(\frac{d^{(k)}}{10} - INT \left(\frac{d^{(k)}}{10} \right) \right) \right) + INT \left(\frac{d^{(k)}}{10} \right) \quad (2)$$

Impondo restrições à distância, $p_2^{(k)}$ entre linhas:

$$g_2^{(k)} = 3 \frac{d^{(k)}}{p_2^{(k)}} - 1 \leq 0 \quad (3)$$

com,
$$p_2^{(k)} = \frac{h_c^{(k)} - 3d_0^{(k)}}{n_l^{(k)} - 1}$$

$$g_3^{(k)} = \frac{p_2^{(k)}}{14 t^{(k)}} - 1 \leq 0 \quad (4)$$

$$g_4^{(k)} = \frac{p_2^{(k)}}{200} - 1 \leq 0 \quad (5)$$

As restrições associadas às distâncias $e_1^{(k)}$ e $e_2^{(k)}$, considerando serviço exterior, são

$$g_5^{(k)} = \frac{1.2 d_0^{(k)} - 4t^{(k)}}{40} - 1 \leq 0 \quad (6)$$

$$g_6^{(k)} = \frac{1.5 d_0^{(k)} - 4t^{(k)}}{40} - 1 \leq 0 \quad (7)$$

As restrições à distância entre colunas, $p_1^{(k)}$ são,

$$g_7^{(k)} = 2.2 \frac{d^{(k)}}{p_1^{(k)}} - 1 \leq 0 \quad (8)$$

$$g_8^{(k)} = \frac{p_1^{(k)}}{14 t^{(k)}} - 1 \leq 0 \quad (9)$$

$$g_9^{(k)} = \frac{p_1^{(k)}}{200} - 1 \leq 0 \quad (10)$$

As restrições em $e_1^{(k)}$ e $p_1^{(k)}$ para a classificação “baixo” da classe nominal das superfícies em contacto, quadro 6.5.4 do EC3 são:

$$g_{10}^{(k)} = \frac{1.7 d^{(k)} - 4 t^{(k)}}{40} - 1 \leq 0 \quad (11)$$

$$g_{11}^{(k)} = 2.5 \frac{d^{(k)}}{p_1^{(k)}} - 1 \leq 0 \quad (12)$$

Finalmente, deve-se impor a existência de pelo menos uma linha de parafusos,

$$g_{12}^{(k)} = 1 - \frac{h_c^{(k)}}{3 d_0^{(k)}} \leq 0 \quad (13)$$

e o número de linhas do banzo deve ser par:

$$g_{13}^{(1)} = 2INT\left(\frac{n_l^{(1)}}{2}\right) - n_l^{(1)} = 0 \quad (14)$$

As distâncias $p_1^{(k)}$ e $p_2^{(k)}$ são também sujeitas a restrições geométricas e de resistência estrutural associadas à encurvadura da cobre-junta segundo §5.3.4 do EC3.

Restrições de integridade estrutural

O segundo grupo de restrições que o EC3 define refere-se à análise da integridade estrutural e inclui as verificações de resistência a 5 tipos de solicitações diferentes: corte dos parafusos, esmagamento das chapas de cobrejunta, tracção das chapas de cobrejunta, compressão das chapas de cobrejunta e flexão da cobrejunta da alma. Segundo o EC3 o momento flector será transmitido em parte pela alma e em parte pelos banzos do perfil. O esforço de corte $V_{y.Sd}$ é integralmente transmitido pelos parafusos da alma.

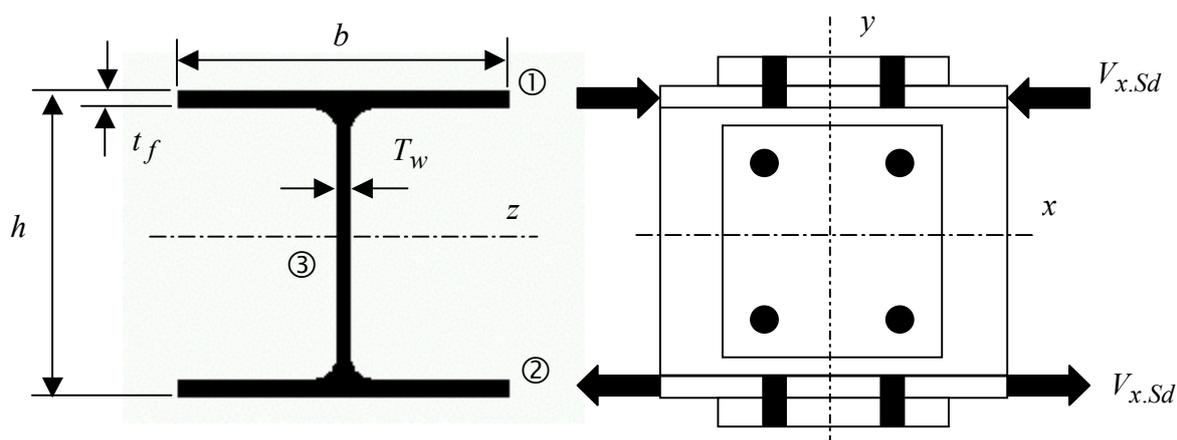


Fig. 3 - Definição geométrica da ligação de topo com cobre-junta.

Os momentos flectores para os banzos e a alma do perfil são,

$$M_{f.z.Sd} = 2bt_f \left(\frac{h-t_f}{2}\right)^2 \frac{M_{z.Sd}}{I_z} \quad (15)$$

$$M_{w.z.Sd} = 1 - \frac{2bt_f \left(\frac{h-t_f}{2}\right)^2}{I_z} M_{z.Sd} \quad (16)$$

e o esforço de corte sobre os parafusos dos banzos provocado pelo momento flector é:

$$V_{x.Sd} = \frac{M_{f.z.Sd}}{h-t_f} \quad (17)$$

Da influência do esforço normal deduz-se o esforço de corte sobre cada parafuso dos banzos superior e inferior dado respectivamente por

$$F_{V.Sd}^{(1)} = \frac{-V_x.Sd}{n_l^{(1)} n_c^{(1)}} + \frac{N_x.Sd}{2n_l^{(1)} n_c^{(1)} + n_l^{(2)} n_c^{(2)}} \quad (18)$$

$$F_{V.Sd}^{(2)} = \frac{V_x.Sd}{n_l^{(1)} n_c^{(1)}} + \frac{N_x.Sd}{2n_l^{(1)} n_c^{(1)} + n_l^{(2)} n_c^{(2)}} \quad (19)$$

Na alma, consideram-se esforços de corte segundo x , y e os devidos à acção do momento flector $M_{wz.Sd}$. Os esforços de corte vertical e horizontal máximos (Figura 4) nos parafusos da alma são:

$$V_{max} = \frac{V_y.Sd}{n_l^{(2)} n_c^{(2)}} \quad (20)$$

$$H_{max} = f_i \frac{M_{wz.Sd}}{h_c^{(2)} - 3d_0^{(2)}} + \frac{N_x.Sd}{2n_l^{(1)} n_c^{(1)} + n_l^{(2)} n_c^{(2)}} \quad (21)$$

$$f_i = \frac{6(n_l^{(2)} - 1)}{n_c^{(2)} n_l^{(2)} (n_l^{(2)} + 1)} \quad (22)$$

O esforço de corte máximo nos parafusos da alma é então,

$$R_{max} = \sqrt{V_{max}^2 + H_{max}^2} \quad (23)$$

Seguindo a notação estabelecida no EC3:

$$F_{V.Sd}^{(2)j} = R_{max}, \quad j=3 \quad (24)$$

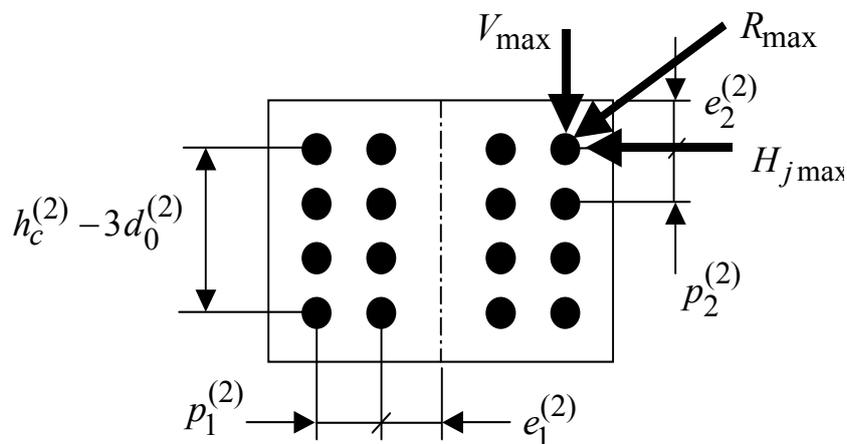


Fig. 4 - Definição dos esforços actuantes sobre os parafusos da cobre-junta da alma.

Resistência ao corte dos parafusos: Para a cobre-junta dos banzos $j=1, 2$ e para a alma $j=3$ vem,

$$r_j = \frac{F^{(1)}}{\beta_{Lf} F_{V.Rd}^{(1)}} - 1 \leq 0 \quad , \quad j=1 \text{ e } 2 \quad (25)$$

$$r_3 = \frac{F^{(2)}}{F_{V.Rd}^{(2)}} - 1 \leq 0 \quad , \quad j=3 \quad (26)$$

O valor da resistência ao corte $F_{V.Rd}^{(k)}$ é definido,

- Para parafusos das classes 4.8, 5.8, 10.9 com corpo todo roscado:

$$F_{V.Rd}^{(k)} = \frac{0.5 f_{ub}^{(k)} A_s^{(k)}}{\gamma_{Mb}} \quad (27)$$

- Para parafusos das classes 4.6, 5.6, 8.8 com corpo todo roscado:

$$F_{V.Rd}^{(k)} = \frac{0.6 f_{ub}^{(k)} A_s^{(k)}}{\gamma_{Mb}} \quad (28)$$

onde γ_{Mb} é o coeficiente de segurança nos parafusos, $f_{ub}^{(k)}$ é a tensão de rotura do parafuso e $A_s^{(k)}$ é a área ao corte no corpo roscado e $p^{(k)}$ o passo da rosca. São dados por: $\gamma_{Mb} = 1.25$ e

$$A_s^{(k)} = \frac{\pi}{4} \left(d^{(k)} - 0.935 p^{(k)} \left(d^{(k)} \right) \right)^2 \quad (29)$$

Em (25), β_{Lf} é o coeficiente de redução da resistência ao corte do parafuso para juntas longas:

$$\beta_{Lf} = 1 - \frac{L^{(1)} - 15 d^{(1)}}{200 d^{(1)}} \quad (30)$$

Este coeficiente está sujeito às condições:

$$r_4^{(1)} = 15 \frac{d^{(1)}}{L^{(1)}} - 1 \leq 0 \quad (31)$$

$$r_5^{(1)} = \beta_{Lf} - 1 \leq 0 \quad (32)$$

$$r_6^{(1)} = 1 - \frac{\beta_{Lf}}{0.75} \leq 0 \quad (33)$$

Resistência ao esmagamento: É verificada se,

$$r_7^{(k)} = \frac{F^{(k)}}{F_{b.Rd}^{(k)}} - 1 \leq 0, \quad j=1,2 \text{ e } 3 \quad (34)$$

$$r_8^{(k)} = \frac{F_{b.Rd}^{(k)}}{2 f_{ub}^{(k)} d^{(k)} t^{(k)}} - 1 \leq 0 \quad (35)$$

$$r_9^{(k)} = \frac{F_{b.Rd}^{(k)}}{1.0 f_u^{(k)} d^{(k)} t^{(k)}} - 1 \leq 0 \quad (36)$$

em que $f_u^{(k)}$ representa a tensão de rotura da cobre-junta e $F_{b.Rd}^{(k)}$ e α são dados por:

$$F_{b.Rd}^{(k)} = \frac{2.5 \alpha^{(k)} f_u^{(k)} d^{(k)} t^{(k)}}{\gamma_{Mb}} \quad (37)$$

$$\alpha^{(k)} = \text{MIN} \left(\frac{1.2 d^{(k)}}{3 d_0^{(k)}}, \frac{p_1^{(k)}}{3 d_0^{(k)}} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}^{(k)}}{f_u^{(k)}}, 1 \right) \quad (38)$$

Cobre-junta em tracção: Devem ser verificadas as condições explicitas em §5.1.3 do EC3. Assim, tem-se para o banzo à tracção:

$$r_{10} = \frac{N_{Sd}}{N_{t.Rd}} - 1 \leq 0 \quad (39)$$

em que N_{Sd} representa o esforço instalado já considerado nas equações (18) ou (19) e $N_{t.Rd}$ é a resistência à tracção da cobre-junta dada por:

$$N_{t.Rd} = \text{MIN} \left(\frac{A^{(1)} f_y^{(1)}}{\gamma_{M0}}, \frac{0.9 A_{net}^{(1)} f_u^{(1)}}{\gamma_{M2}} \right) \quad (40)$$

onde $f_y^{(1)}$ e $f_u^{(1)}$ são a tensão de limite elástico e a tensão de rotura à tracção para o aço, $A_{net}^{(1)}$ é a área útil da secção transversal. Os coeficientes parciais de segurança (§5.1.1, EC3) são:

$$\gamma_{M0} = 1.1, \quad \gamma_{M1} = 1.1, \quad \gamma_{M2} = 1.25 \quad (41)$$

Não é necessário considerar os furos para as ligações no banzo em tracção desde que,

$$r_{11} = \frac{f_y A_f \gamma_{M2}}{0.9 f_u A_{f.net} \gamma_{M0}} - 1 \leq 0 \quad (42)$$

onde A_f e $A_{f.net}$ são a área da secção resistente à tracção do banzo sem e com furos.

Cobre-junta em compressão: Deve-se verificar as condições definidas no §5.1.4 do EC3,

- Resistência das secções transversais para o banzo à compressão,

$$r_{12} = \frac{N_{Sd}}{N_{c.Rd}} - 1 \leq 0 \quad (43)$$

em que N_{Sd} é o esforço instalado já calculado segundo (18) ou (19), $N_{c.Rd}$ é a resistência à encurvadura local da secção bruta para secções das classes 1, 2 e 3 dada por:

$$N_{c.Rd} = \frac{A^{(1)} f_y^{(1)}}{\gamma_{M0}} \quad (44)$$

- Resistência à encurvadura global da cobre-junta sujeita à compressão,

$$r_{13} = \frac{N_{Sd}}{N_{b.Rd}} - 1 \leq 0 \quad (45)$$

$$r_{14} = \chi - 1 \leq 0 \quad (46)$$

com:
$$N_{b.Rd} = \chi \beta_A A^{(1)} \frac{f_y^{(1)}}{\gamma_{M1}} \quad (47)$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \quad \bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \sqrt{\beta_A} \quad (48)$$

e
$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y^{(1)}}}, \quad \phi = 1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2 \quad (49)$$

sendo $\beta_A = 1$ e $\alpha = 0.49$. O parâmetro α é um factor de imperfeição para curva de encurvadura tipo c (secções cheias - quadro §5.5.3 do EC3) e λ a esbelteza do modo de encurvadura, Figura 5:

$$\lambda = \text{MAX} \left(\frac{1.2 d_0^{(1)}}{i^{(1)}}, \frac{0.5 p_1^{(1)}}{i^{(1)}} \right) \quad (50)$$

sendo $i^{(1)}$ o raio de giração mínimo da secção da cobre-junta em compressão.

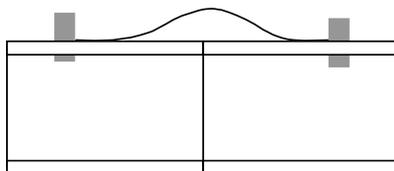


Fig. 5 - Modo de encurvadura da cobre-junta.

Cobre-junta da alma sujeita a flexão: Devem ser verificadas as condições explícitas no §5.1.5 do EC3. A restrição relativa à resistência da secção transversal da alma sujeita a flexão composta é

$$r_{15} = \frac{M_{Sd}}{M_{c.Rd}} - 1 \leq 0 \quad (51)$$

onde M_{Sd} é o momento flector actuante sobre a cobre-junta de alma calculado em (16) e $M_{c.Rd}$ é o momento resistente da secção transversal considerado apenas para as classes 1 e 2:

$$M_{c.Rd} = \frac{w_{pl}^{(2)} f_y^{(2)}}{\gamma_{M0}} \quad (52)$$

sendo $f_y^{(2)}$ a tensão de cedência e $w_{pl}^{(2)}$ é calculado através de:

$$w_{pl}^{(2)} = \frac{t^{(2)} (h_c^{(2)})^2}{4} \quad (53)$$

Por analogia com o quadro 5.3.1 EC3, garantindo a classe 1 ou 2 da secção da cobre-junta à flexão,

$$r_{16} = \frac{h_c^{(2)}}{22 t^{(2)} \varepsilon} - 1 \leq 0 \quad \text{com} \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y^{(2)}}} \quad (54)$$

onde $f_y^{(2)}$ é a tensão de cedência em N/mm². O esforço transversal $V_{y.Sd}$, de uma secção transversal deve satisfazer:

$$r_{17} = \frac{V_{y.Sd}}{V_{pl.Rd}} - 1 \leq 0, \quad V_{pl.Rd} = \frac{A_v^{(2)} f_y^{(2)}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} \quad (55)$$

sendo $V_{pl.Rd}$ a resistência plástica ao esforço transversal e A_v a área ao corte dada por

$$A_v^{(2)} = h_c^{(2)} t^{(2)} \quad (56)$$

A restrição associada à flexão com esforço transversal, §5.4.7 EC3, vem escrita como,

$$r_{18} = \frac{V_{y.Sd}}{0.5 V_{pl.Rd}} - 1 < 0 \quad (57)$$

Se (57) se verificar, não é necessário reduzir o momento resistente calculado em (52), caso contrário: $M_{c.Rd} = M_{V.Rd}$, com

$$M_{V.Rd} = \left(w_{pl}^{(2)} - \frac{\rho A_v^{(2)}}{4 t^{(2)}} \right) \frac{f_y^{(2)}}{\gamma_{M0}} \quad (58)$$

$$\text{e} \quad \rho = \left(\frac{2 V_{y.Sd}}{V_{pl.Rd}} - 1 \right)^2 \quad (59)$$

$$r_{19} = \frac{M_{V.Rd}}{M_{c.Rd}} - 1 < 0 \quad (60)$$

Para evitar a análise da resistência à encurvadura por esforço transversal (§5.6 EC3) deve-se garantir:

$$r_{20} = \frac{h^{(2)}}{69 \varepsilon t^{(2)}} - 1 < 0 \quad (61)$$

Não é necessário considerar os furos das ligações nas verificações ao esforço transversal se

$$r_{21} = \frac{f_y^{(2)} A_v^{(2)}}{f_u^{(2)} A_{v.net}^{(2)}} - 1 < 0 \quad (62)$$

onde $A_{v.net}^{(2)}$ representa a área resistente da secção com furos. Se a restrição (62) for violada, pode-se admitir uma área de corte efectiva com o valor de:

$$A_v^{(2)} = A_{v.net}^{(2)} \frac{f_u^{(2)}}{f_y^{(2)}} \quad (63)$$

O PROBLEMA DE PROJECTO ÓPTIMO

A ligação aparafusada óptima é obtida de acordo com um modelo que minimiza o custo da ligação e respeita as restrições. Os custos da ligação são:

- Custo para o conjunto parafuso/anilha/porca da cobre-junta k ,

$$C_{parf}^{(k)} = C_p^{(k)} + 2 C_{anilha}^{(k)} + C_{porca}^{(k)} \quad (64)$$

- Custo total do material da cobre-junta k :

$$C_{mat}^{(k)} = 2 h_c^{(k)} \left[2.4 d_0^{(k)} + p_1^{(k)} (n_c^{(k)} - 1) \right] \times t^{(k)} C_c^{(k)} \quad (65)$$

onde $C_c^{(k)}$ é o custo unitário do material. A função objectivo para a cobre-junta k é:

$$\omega^{(k)} = 2 n_c^{(k)} n_l^{(k)} \left(C_{parf}^{(k)} + C_{maq}^{(k)} \right) + C_{mat}^{(k)} \quad (66)$$

sendo $C_{maq}^{(k)}$ o custo de maquinagem. Considerando a ligação completa define-se a função objectivo global:

$$W = 2 \omega^{(1)} + \omega^{(2)} \quad (67)$$

O problema de optimização é definido como:

$$\text{Minimizar } W(\mathbf{x}) = 2 \omega^{(1)}(\mathbf{x}) + \omega^{(2)}(\mathbf{x}) \quad (68)$$

sujeito às restrições,

$$\varphi_i(\mathbf{x}) \leq 0, i = 1, \dots, N_r \quad (69)$$

onde $\varphi_i(\mathbf{x})$ representa genericamente as funções g_k^i e r_j associadas respectivamente às restrições geométricas e de integridade estrutural definidas na Secção 2, e N_r   o número total de restrições.

ALGORITMO DE OPTIMIZAÇÃO

A técnica de pesquisa evolucionária adoptada baseia-se num algoritmo genético (Conceição António, 2001). Os AGs são métodos de optimização baseados nas leis da selecção natural e da sobrevivência das espécies cuja formulação é conhecida nos meios científicos como Teoria evolucionária de Darwin.

A qualidade das soluções pode ser medida através de uma *função de mérito* F que é definida a partir de um modelo matemático que permite classificar o valor de cada indivíduo/solução pertencente a uma população. A medição relativa do mérito das soluções candidatas permite a ordenação e posterior selecção das melhores no AG. No presente trabalho a Função de Mérito relaciona-se com os custos da ligação e com a amplitude da violação das restrições. A metodologia adoptada permite penalizar simultaneamente os custos e as violações das restrições fazendo convergir o algoritmo no sentido da solução óptima. O objectivo é obter o incremento do mérito F da população. Assim, o problema de optimização   reescrito como:

$$\text{Maximizar } F(\mathbf{x}) = K_0 + K_1 W(\mathbf{x}) - K_2 \sum_{i=1}^{N_r} \Psi_i(\mathbf{x}) \quad (70)$$

$$\text{com } \Psi_i(\mathbf{x}) = \begin{cases} 0 & , \text{ se } \varphi_i(\mathbf{x}) \leq 0 \\ \xi [\varphi_i(\mathbf{x})]^\eta & , \text{ se } \varphi_i(\mathbf{x}) > 0 \end{cases} \quad (71)$$

onde ξ e η são calculados e os valores de K_i são arbitrários. A função objectivo $W(\mathbf{x})$ é definida em (67) e as restrições $\varphi_i(\mathbf{x})$ foram definidas na secção 3. As variáveis de projeto \mathbf{x} são:

i	Descrição da variável XVAR(i)
1	número de colunas de parafusos no banzo
2	número de linhas de parafusos no banzo
3	espessura da cobrejunta do banzo
4	diâmetro dos parafusos do banzo
5	distância entre colunas no banzo
6	número do material do parafuso do banzo
7	número do material da cobrejunta do banzo
8	número de colunas de parafusos na alma
9	número de linhas de parafusos na alma
10	espessura da cobrejunta da alma
11	diâmetro dos parafusos na alma
12	distância entre colunas na alma
13	número do material do parafuso da alma
14	número do material da cobrejunta da alma

Os AGs não usam em geral o valor real das variáveis de projecto chamado *fenotipo*, mas sim um valor codificado designado por *genotipo*. Ao vector dos valores codificados de uma solução, chama-se *cromossoma*. O cromossoma é constituído por entidades mais pequenas designadas por *genes* que estão associadas ao valor codificado de cada variável. Atendendo à natureza discreta do domínio de todas as variáveis de projecto adopta-se uma codificação inteira para o respectivo *genotipo*. Com efeito, o número de colunas e de linhas de parafusos são valores inteiros havendo por isso uma correspondência directa entre o *genotipo* e o *fenotipo*. As variáveis relacionadas com os materiais dos parafusos e das chapas de cobre-juntas são associadas a um conjunto de propriedades mecânicas que caracterizam cada solução de projecto (material) como um todo, daí ser aconselhável a utilização de um número de código inteiro. As espessuras das cobre-juntas e os diâmetros dos parafusos por questões relacionadas com a padronização das dimensões (discretas) de fabrico e comercialização também aconselham a utilização de um código inteiro. Finalmente as distâncias entre colunas de parafusos por razões construtivas têm domínios bem definidos pelo que uma discretização adequada permite a utilização de uma codificação inteira.

A população inicial é gerada aleatoriamente. O algoritmo genético procede à evolução da população de soluções usando um esquema apresentada na Fig.6. Neste esquema a população actual, P_t , é dividida em dois grandes grupos, **A** e **B**. O grupo **A** representa o grupo de cromossomas com as N_A melhores soluções (elite) e o grupo **B** representa os restantes cromossomas. A população seguinte, P_{t+1} é obtida usando os seguintes três operadores genéticos *selecção*, *cruzamento* e *mutação* (ver figura 6).

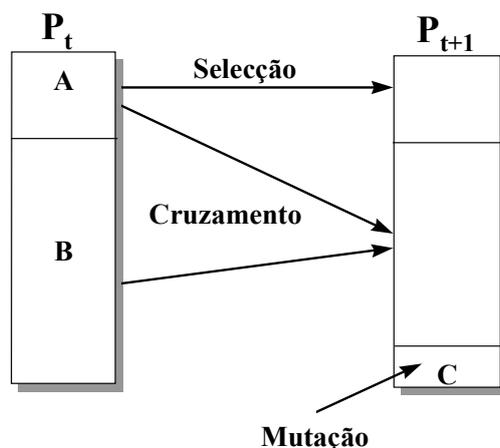


Fig. 6 - Estratégia Evolucionária adoptada no AG.

A *selecção* é um operador que escolhe a parte da população que transitará para a população seguinte. Adopta-se uma estratégia elitista na qual somente os melhores cromossomas (em **A**) da população actual transitarão para a população seguinte. Desta forma garante que as sucessivas populações terão valor de mérito não decrescente. O *cruzamento* é um operador que transforma dois cromossomas (progenitores) num novo cromossoma que irá assim conter genes (características) de ambos os progenitores. O esquema de cruzamento adoptado escolhe dois cromossomas progenitores, um pertencente ao grupo **A** e outro pertencente ao grupo **B**. O material genético do novo cromossoma (cromossoma filho), é obtido usando a técnica “*Parametrized Uniform Crossover*”, Spears e Djong (1991). Depois de os dois progenitores terem sido escolhidos os genes do novo cromossoma serão seleccionados de cada um dos pais de uma forma enviesada (mais material genético do progenitor que tem melhor mérito). A *mutação* é um operador que é usado neste esquema com vista a manter a diversidade na

população (e assim evitar óptimos locais). Essencialmente, este operador limita-se a criar novos cromossomas aleatoriamente que constituem o grupo **C** inserido na população \mathbf{P}_{t+1} referida na Fig.6.

EXEMPLO NUMÉRICO

Considera-se a ligação de topo dum perfil HE 400A sujeito às acções: esforço cortante instalado, $V_{y.Sd} = 10^5$ [N]; momento flector instalado, $M_{z.Sd} = 271.5 \times 10^6$ [Nmm] e esforço normal instalado, $N_{x.Sd} = 10^5$ [N]. Os dados do perfil estão definidos no anexo A.

No Algoritmo Genético utilizou-se uma população de 21 soluções. O grupo **A** da elite é constituído por 6 indivíduos que são transferidos para a população \mathbf{P}_{t+1} e o grupo **C** da mutação também é formado por 6 indivíduos. Na equação (70) usou-se $K_0 = 1. \times 10^6$, $K_1 = 1.$ e $K_2 = 100$. Os valores de ξ e η são calculados considerando uma penalização de 500 para uma violação forte das restrições de 0.05, e uma penalização de 100 para uma violação fraca das restrições de 0.01.

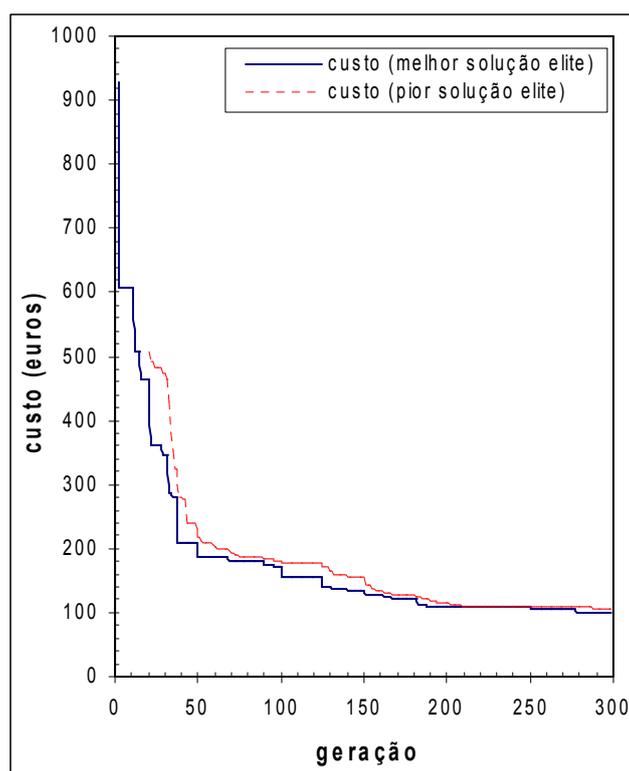


Fig. 7 - Evolução dos custos da ligação durante o processo de optimização.

Utilizando valores apropriados para os custos dos materiais dos elementos de ligação e os custos de maquinagem, chega-se à solução óptima:

$$n_c^{(1)} = 6; \quad n_c^{(2)} = 3, \quad n_l^{(1)} = 2; \quad n_l^{(2)} = 3; \quad t^{(1)} = 20 \text{ mm}; \quad t^{(2)} = 15 \text{ mm}; \quad d^{(1)} = 16 \text{ mm}; \\ d^{(2)} = 16 \text{ mm}; \quad p_1^{(1)} = 60 \text{ mm}; \quad p_1^{(2)} = 55 \text{ mm}; \quad m_p^{(1)} = 6; \quad m_p^{(2)} = 5; \quad m_c^{(1)} = 1; \quad m_c^{(2)} = 1.$$

Dado o carácter preliminar deste estudo não se inserem as bibliotecas de valores usados nos cálculos. Na Fig. 7 mostra-se a evolução da melhor e da pior solução da elite (grupo **A**) para a minimização dos custos da ligação. Apenas são mostradas as soluções que não violam as restrições do problema de optimização.

CONCLUSÕES

Apresentou-se um modelo numérico de optimização de ligações aparafusadas com cobrejuntas, sujeitas a flexão simples e esforços normais, entre elementos estruturais idênticos. As variáveis de projecto consideradas estão relacionadas com a definição dos elementos de ligação. As restrições geométricas e de integridade estrutural foram definidas de acordo com o Eurocódigo 3. O objectivo é a minimização dos custos dos materiais e de maquinaria necessários para obter uma ligação optimizada satisfazendo as restrições impostas pelo código construtivo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro concedido pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), Portugal, através do financiamento plurianual do laboratório associado LAETA..

REFERÊNCIAS

- [1]-Conceição António CA. A hierarchical genetic algorithm for reliability based design of geometrically non-linear composite structures, *Composite Structures*, 54,pp. 37-47, 2001.
- [2]-Eurocode 3 -Design of Steel Structures - Part 1.1: General rules and rules for buildings, CEN, Brussels, 1992.
- [3]-NP ENV 1993-1-1, “Eurocódigo 3: Projecto de estruturas de aço. Parte 1.1: Regras gerais e regras para edifícios”, 1998.
- [4]-Pavlovčič, L., Krajnc, A., Beg, D. Cost Function analysis in structural optimization of steel frames, *Struct. Multidisciplinary Optimization*, 28 (2004) 286-295.
- [5]-REAPE - Regulamento de Estruturas em Aço para Pontes e Edifícios, Imprensa Nacional da Casa da Moeda, Lisboa, 1986.
- [6]-Spears, W.M. e DeJong, S.K., On the Virtues of Parametrized Uniform Crossover, *Proceedings of the Fourth International Conference on Genetic Algorithms*, pp. 230-236, 1991.

ANEXO A: DADOS DE ENTRADA DO PROGRAMA

Legenda:

Espessura do banzo (mm)
Espessura da alma (mm)
Altura da cobrejunta do banzo (mm)
Altura da cobrejunta da alma (mm)
Esforço cortante (N)
Momento flector (Nmm)
Esforço normal (N)
Tensão de cedência do material do perfil (MPa)
Tensão de rotura à tracção do material do perfil (MPa)
Altura do perfil (mm)
Largura do banzo do perfil (mm)
Raio de concordância alma/banzo do perfil (mm)
Momento de inércia do perfil segundo o eixo zz (mm⁴)

A1: HEA 400

19
11
290
295
100000
271542500
100000
235
360
390
300
27
450700000

ARTIGO REF: 7019

REUTILIZAÇÃO DOS PNEUS EM MUROS DE CONTENÇÃO DE TERRA

Eulávio Romão Bernardo^(*)

Universidade Zambeze, Departamento de Engenharia Civil-Beira, Moçambique

^(*)*Email:* eulaviobernardo@gmail.com

RESUMO

No âmbito das construções civis, os muros de contenção de terra desde suas origens jogam um papel fundamental para garantir estabilidade, reduzindo á grande escala os riscos de falhas assim como erosão da mesma. Neste artigo reflete-se sobre a sustentabilidade na construção destes muros através da aplicação de materiais que deixaram de desempenhar as funções originais (os pneus), sendo assim descartados a céu aberto pelos usuários. Os materiais comumente usados são o betão simples, o armado, que a partida envolvem materiais esgotáveis na sua confecção. Os pneus podem perfeitamente substituir estes materiais esgotáveis, reduzindo o desequilíbrio ambiental causado na sua exploração, assim como reduzir os custos na construção destas obras e o desperdício dos pneus.

INTRODUÇÃO

Desde os tempos passados até hoje há uma crescente densidade populacional em torno das grandes cidades, sendo preocupação constante para os municípios criar as condições e responder a esta demanda de terra para seu aproveitamento em términos de habitação, instituições de serviços públicos e privados. É sobejamente sabido, que nem toda terra disponível encontra-se naturalmente com as condições já criadas para seu uso e aproveitamento, carecendo de alguns trabalhos de regularização a partir dos movimentos de terra (aterro e escavação) até a estrutura de contenção de terra para garantir estabilidade reduzindo á grande escala os riscos de falha da dita terra assim como erosão da mesma.

As obras de contenção de terra são requeridas quando o uso de taludes resulta em ocupação de maiores áreas para garantir a estabilidade do sistema, tornando a construção muito onerosa. Quando se pretende construir estruturas de contenção de terra, na fase do seu desenho precisa prever alternativas de alívio de tensões ou empuxos, originados pela água da chuva que é absorvida pela terra contida.

Os materiais de construção usados nestas estruturas de contenção são o betão simples assim como o armado. Dependendo da dimensão da obra, a aplicação deste material torna a obra onerosa relativamente a aplicação de pneus gastos usados em veículos automóveis.

Os pneus é de acesso fácil, barato e um comportamento ambiental bom relativamente o betão que nascem a partir da extração de seus agregados em minas, consumindo energias por exemplo na trituração da brita para as dimensões desejadas. Os pneus possuem um ciclo de vida que os permitem as renascer (reutilização) neste caso concreto em vias de comunicação.

INTRODUÇÃO DO MATERIAL

Segundo Ramos 2005, em 1839, Charles Goodyear descobriu casualmente o processo de vulcanização da borracha, com isso em 1845 aproveitando-se desta descoberta, R. W. Thomson criou o pneu de borracha. Durante décadas muitas experiências foram sendo realizadas para o melhoramento das propriedades da borracha natural. A partir da primeira guerra mundial, na Alemanha foi criada uma nova tecnologia para a fabricação da borracha sintética, uma vez que até este período os pneus dependiam em sua totalidade da matéria-prima borracha natural para sua confecção [1].

A partir desta inovação e descoberta dos pneus de borracha, em virtude da resistência, durabilidade e conforto para transporte de cargas e pessoas, a fabricação e venda de pneus no mundo foram crescendo vertiginosamente, uma vez que o novo processo incorporou qualidades e propriedades mais atrativas à borracha tais como resistência à abrasão, elasticidade, durabilidade, entre outras.

O pneu é uma das partes mais importantes de qualquer veículo automotor. É o pneu que suporta o peso do veículo e sua carga e, faz o contacto do veículo com solo. O pneu transforma a força do motor em tracção e é responsável pela eficiência da frenagem e da estabilidade, nas curvas.

No processo de fabricação dos pneus envolvem a combinação das diferentes matérias-primas numa única mistura química, física e engenharia, dá ao consumidor o mais alto nível de conforto, performance, eficiência, confiabilidade e segurança que moderna tecnologia pode oferecer.

Ciclo de Vida do pneu

Segundo Costa 2007, o ciclo de vida de um produto compreende os estágios sucessivos e encadeados de um sistema de produto, desde a extração dos recursos naturais até a disposição final. A matéria proveniente do próprio planeta é a base de tudo. Os processos antrópicos retiram o material do solo, do ar ou da água, transportam-no e aplicam-no na elaboração do insumo desejado. Em seguida, ocorre a utilização pela população e, por fim, a disposição na natureza, onde os ciclos biogeoquímicos cuidam de tornar os resíduos novamente aproveitáveis. Os resíduos podem também ser reciclados em processos antrópicos que propõem o retorno dos materiais à natureza [2].

Extração da matéria-prima do pneu

Segundo Andrietta (2002) apud Oliveira e Castro, a borracha é o principal material do pneu representando 40% do seu peso. Essa borracha pode ser dividida em dois tipos:

- Natural;
- Sintética.

Natural- sua principal extração vem de uma derivada da seringueira-hevea brasiliensis. A produção de pneus representa um terço do consumo mundial de borracha.

Sintética- tipo de elastômeros, polímeros com propriedades físicas parecidas com a borracha natural. E derivada de petróleo ou gás natural. Seu consumo para a fabricação de pneus representa 2/3 do total de borracha no mundo [3].

Além da borracha, existem, como matéria-prima do pneu, o negro de carbono ou negro de fumo, fibras orgânicas e poliéster, arrames de aço derivados do petróleo e outros produtos químicos.

Essencialmente na construção do pneumático, a adição de negro de fumo deixa a borracha mais resistente e aumenta seu desempenho. Através de um método chamado vulcanização, a borracha é misturada ao negro de fumo num molde aquecido entre 120 a 170 graus Celsius e a eles são adicionados enxofre composto de zinco e outros aceleradores de processo.

Jensen *et al.*, 1997 apud Andrietta 2002, referem que todo ou qualquer processo de fabricação ou produção de produto começa com a primeira operação do homem sobre a natureza, retirando desta os recursos que necessita para produção, e termina quando o homem executa sua última intervenção, lançando no meio ambiente as sobras ou os resíduos que não serão mais de um produto, *cradle-to-grave*, que significa do berço ao túmulo [3]. Este conjunto de acções justifica a expressão amplamente divulgada como definição do ciclo de vida

A figura 1 abaixo representa a constituição do pneu.

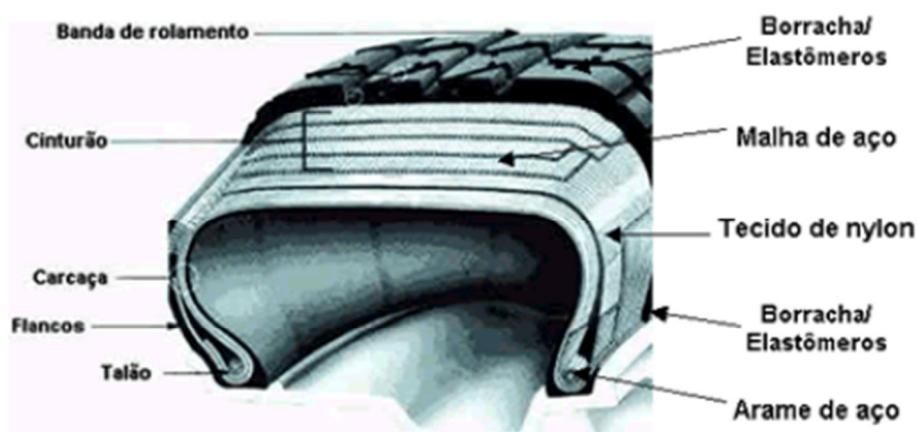


Fig. 1 - Composição química média de um pneu (Andrietta,2002)

A seguir faz-se apresenta-se descrição dos elementos constituintes dos pneus, nomeadamente:

- *Banda de rolamento*: é parte externa do pneu, é ela que faz o contacto com o solo, por isso sua formação é feita por um composto de borracha que oferece grande resistência ao desgaste, além disso, seus desenhos são projetados cuidadosamente para proporcionar uma boa tracção, estabilidade e segurança ao veículo;
- *Malha de aço*: têm a função de estabilizar a carcaça dos pneus radiais;
- *Talão*: constituído por vários arames de aço de alta resistência unidos e recobertos por borracha, possuindo o formato de um anel e tem a função de manter o pneu acoplado ao aro sem permitir o vazamento do ar;
- *Carcaça de lona*: é a estrutura interna do pneu, responsável pela retenção do ar sob pressão e com função de suportar o peso do veículo, é constituída por lonas de poliéster, náilon ou aço, disposta na diagonal ou radial;
- *Parede lateral ou flanco*: composto por borrachas de alto grau de flexibilidade, sua função é proteger a carcaça.

Segundo Ramos 2005, é importante lembrar que também existem pneus sem a câmara-de-ar, os que não possuem esta câmara, na camada interna da carcaça há uma borracha chamada *liner* que garante a retenção do ar. Estes pneus oferecem um factor extra à questão da segurança, pois caso sejam perfurados, o ar sairá de seu interior lentamente. Além disso há o facto de apresentarem montagem e desmontagem mais rápida que os pneus que apresentar câmara-de-ar [1].

Planeamento e Design dos pneus

Segundo Polakoski (2006), muitos pneus são desenhados para atenderem às necessidades e performance especificadas por um modelo de automóvel em particular. O processo começa com um computador que converte a matemática das necessidades do veículo em especificações técnicas. Um protótipo do pneu é feito para testar a eficiência do design em relação às características desejadas. O projecto de um pneu pode levar meses de testes, inspeções e verificações de qualidade antes de entrar em linha de produção [4].

Produção dos pneus

Andrade 2007, diz que o pneu tornou-se um artefacto imprescindível e fundamental na sociedade moderna, por agilizar, dar comodidade e segurança no transporte de cargas e passageiros, por isso nas últimas décadas a demanda mundial vem crescendo vertiginosamente [5].

A demanda mundial por pneus deriva do mercado de reposição e o mercado das montadoras. A frota mundial de veículos forma o mercado de reposição devido à necessidade de troca de pneus em função do desgaste com o passar do tempo, no caso o mercado das montadoras acontece em função de cada novo veículo de passeio demandar cinco novos pneus [5].

O processo de produção começa com a seleção de vários tipos de borracha juntamente com óleos especiais, carbono preto, pigmentos, antioxidantes, silicone e outros aditivos que serão combinados para oferecer as características desejadas. Compostos diferentes são usados para diferentes partes do pneu. Uma máquina chamada Misturador Banburry transformará estas várias matérias-primas para cada composto em uma mistura homogênea com a consistência da borracha [5].

O processo de mistura é controlado por computador para assegurar a uniformidade da mistura sendo esta específica para cada tipo e modelo de pneu [5].

Após isto, começa a montagem do pneu. O primeiro componente a ir para a montagem é o perfil interno (innerliner), uma borracha especial que é resistente ao ar e à penetração e que tem a forma de um tubo interno. Depois vem a lona e cintas que são cortadas em ângulo preciso para atender as características desejadas do pneu. Fios de aço revestidos de bronze são colocados em dois arcos os quais são implantados na parede lateral do pneu para formar o talão. A banda de rodagem e as paredes laterais são colocadas sobre as lonas e cintas e depois todas as partes são unidas firmemente. O resultado de tudo isto é chamado de *pneu verde* ou *incurado* [5].

A última etapa é curar o pneu. O *pneu verde* é colocado dentro de um molde e é inflado para pressioná-lo contra o molde, formando assim o desenho da banda de rodagem e as informações na lateral dos pneus. Depois o pneu é aquecido á temperatura de 150 graus por 12 a 15 minutos vulcanizando-o para ligar todos os componentes e curar a borracha [5].

Os Pneus maiores e off roads podem levar mais de um dia para curar. Todos os pneus são inspecionados, e as amostras aleatórias são retiradas da linha de produção e testadas. Algumas passam por raios x, algumas são cortadas, outras são enviadas para testes com rodas e outras são testadas em pistas para avaliar o desempenho, maneabilidade, desgaste, tracção e segurança [5].

Embalagem e distribuição

O final da linha é a embalagem e a distribuição dos pneus com começo da viagem do produto através de canais de distribuição complexos com meios de transporte diversificados. Essa

viagem traz perigo e pode causar custos e consequências desfavoráveis para uma empresa e seus clientes, o que pode ser evitado [5].

Processos e tecnologias de embalagem final principalmente a paletização embalagem de paletes são de extrema importância para a segurança de um produto no ponto mais alto do seu valor agregado, para o fornecimento e utilização pelo cliente, assim como para o aumento da rentabilidade da linha de embalagem. Cargas mal paletizadas podem, por exemplo, aumentar o tempo e os custos de transporte. Da mesma forma, uma embalagem não ideal da paleta leva a cargas instáveis, que podem tombar facilmente e ser danificadas ou ter conteúdos derramados. Os custos podem reduzir os lucros e ao mesmo tempo a perda da reputação traz a uma empresa consequências drásticas quanto à sua participação no mercado [5].

Destino de pneus inservíveis

Devido à problemática que tem sido para qualquer país a disposição final de resíduos sólidos, no caso em estudo os pneus inservíveis, as leis e normas que regulamentem actividades ligadas a este segmento auxiliam no processo de controlo e gerenciamento deste assunto. Para o caso de Moçambique ainda não existem normas ou legislação que regem sobre o destino final dos pneus inservíveis.

Vários países, estão implantando instrumentos que buscam viabilizar o gerenciamento de pneumáticos inservíveis, tendo como exemplo a Diretiva 91/157/CEE, da Comunidade Europeia e das Normas Directivas de Aterros na Irlanda, programas que buscam a redução na fonte com o propósito de recuperar esse produto, assim como a reutilização e reciclagem dos pneumáticos, quando transformado em inservível, por meio de adoção de alternativas tecnológicas existentes e em carácter experimental.

O processo de reforma de pneus auxilia no prolongamento do tempo de vida útil deste produto, e como este item é um dos mais caros para os proprietários de veículos, tem sido grande a procura por esta opção de serviço antes da troca definitiva do pneu.

Segundo Reinikka *apud* Kamimura, 2002, a prática da reforma de pneus colabora em muito para a minimização dos impactos associados à fase de descarte final do pneu automotivo; além disso, o pneu reformado permite minimizar custos de manutenção de frotas de veículos devido ao menor custo desse pneu em comparação aos novos, e também economia de matérias-primas obtidas através do petróleo e energia elétrica utilizadas na confecção de novos pneus.

No entanto, Almeida *apud* Kamimura 2002, diz que é importante frisar que nem todos os pneus podem passar pelo processo de reforma. Para que isso ocorra é necessário que a estrutura do pneu deva estar intacta para que ele cumpra sua função original quando for reutilizado, além disso, a questão da segurança não deve estar comprometida [6].

Os processos industriais existentes para a reforma de pneus são: recapagem, recauchutagem e remoldagem.

Abaixo seguem-se maiores detalhes sobre estes processos:

- *Recapagem*: é a reconstrução de um pneu através da substituição de sua banda de rodagem.
- *Remoldagem*: é outro processo de reutilização dos pneus classificados como reformáveis, sendo reconstruído o pneu através da substituição da banda de rodagem e, dos ombros e de toda a superfície dos seus flancos (Kamimura 2002) [6].

- *Recauchutagem*: é a reconstrução do pneu através da substituição da banda de rodagem e dos ombros. Consiste na remoção da banda de rodagem desgastada da carcaça do pneu para que através de um novo processo de vulcanização se coloque uma nova banda de rodagem.

O esquema da figura 2, resume a trajetória da vida do pneu, que em princípio parte da sua extração passando por vários outros processos a chegar a morte onde em alguns casos pode ser ressuscitado ou reciclado para outro ou aplicação ou simplesmente descartado a céu aberto como um lixo ou ainda a sua incineração.

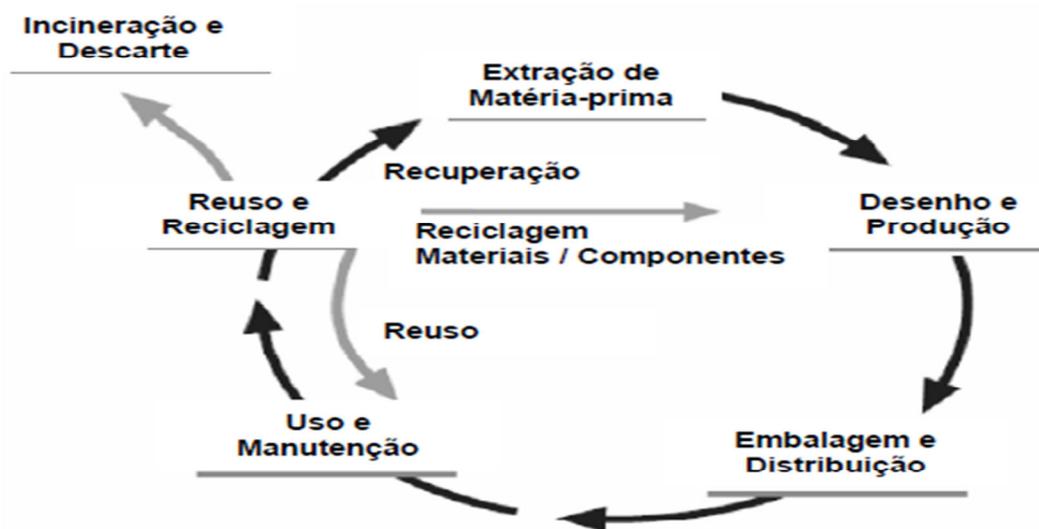


Fig. 2 - Ciclo de vida do pneu (UNEP,2006 apud Costa,2007) [2/

Reciclagem de pneus

A reciclagem de com Morais (2009), torna-se uma das alternativas para evitar que produtos degradem ainda mais o ambiente, sendo actualmente uma obrigação e dever de todos. Destaca-se como o lixo doméstico que compõe-se de embalagens que poderiam ser recicladas. O nível de poluição deste lixo é elevados ao meio ambiente [7].

O uso de métodos de reciclagem e reaproveitamento é a saída para evitar esta situação. Os pneus abandonados não são apenas um problema ambiental, mas também de saúde pública, pois acumulam água das chuvas, formando ambientes bastantes propícios a proliferação de doenças como a malária através do abrigo aos mosquitos. Para deter o avanço desse lixo, é preciso fazer o uso da reciclagem. No entanto a reciclagem dos pneus chamados inservíveis sem condições de rodagem ou de reforma é desafio para muitos países.

A reciclagem é fruto da preocupação com a qualidade de vida, associado a um modelo de desenvolvimento racional e sustentável.

Conforme Morais (2009), na recapagem de pneus, são inseridas novas camadas de borracha, fazendo-os ganhar uma sobrevida. Além de mais, proporciona uma economia de energia e matéria-prima, que seriam utilizadas na produção de um novo pneu [7].

Outra medida de reciclagem de pneus surge como alternativa e, ganha cada vez mais espaço, a qual se refere á criação de calçados e demais produtos.

Segundo Morais 2009, ainda, comenta-se que o maior mercado que utiliza pneus reciclados é o de usinas de energia, fábricas de papel e fornos para cimento, os quais utilizam o produto

como combustível, representando dois terços da indústria de reciclagem. Também se citam empresas que fabricam sandálias com pneus depois de reciclados. Assim, com a missão de reutilizar pneus que não possuem mais uso, elas buscam manter o desenvolvimento sustentável dos países [7].

Os pneus são acessórios muito usados na indústria automobilística, tendo em conta a crescente demanda na compra de veículos por parte dos cidadãos, com vista a facilitar a sua locomoção a nível das urbano assim como rural. Estes veículos usam pneus e estes mesmos não são eternos tem um ciclo de vida, havendo uma necessidade de substituição quando gastos, pois já não oferecem segurança e comodidade ou ainda repor as propriedades perdidas devido a utilização.

Por não haver consciência de reaproveitamento deste produto são descartados em locais que não são considerados convenientes. Portanto, a figura 3 abaixo mostra alguns de destinos dos pneus inservíveis



Fig. 3 - Descarte indevido em rios e lagos contribuem para o assoreamento e enchentes (Veloso) [8]

O descarte indevido de pneus pode servir de abrigo para certos animais ou insectos que podem provocar terror as comunidades próximas do local de descartes, assim como por exemplo acolher a população de mosquitos que podem fomentar a malária que é uma doença fatal em Moçambique assim como a nível de vários países do continente africano. A figura 4, abaixo, ilustra um exemplo de abrigo aos mosquitos.

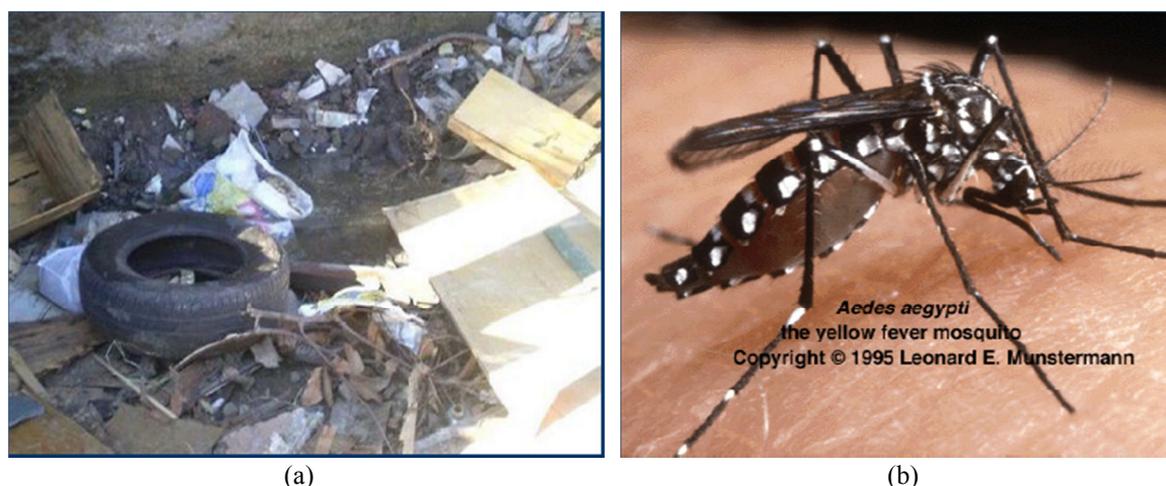


Fig. 4 - Pneus são criadouros e abrigo para vectores de doenças como a malária (Veloso) [8]

Quando defronta-se com o número de pneus inservíveis gerados anualmente em todo mundo percebe-se a importância de buscar-se novas alternativas para a utilização deste material em outros processos de reaproveitamento e reciclagem.

Numa outra vertente em função do descrito acima sobre o descarte desorganizado de pneus inservíveis, pode-se tomar medidas para resolver este problema de poluição a partir da organização de um local específico para o descarte dos pneus inservíveis de modo a poder controlar este produto e evitar com que estes sejam descartados desorganizadamente, onde estes possa ser armazenado. A figura 5 mostra a quantidade anual de pneus inservíveis que podem produzir, estas quantidades só ser contabilizados ou estimadas quando existem locais de depósitos deste produto inservível para o objectivo inicial.



Fig. 5 - Grandes quantidades de pneus inservíveis gerados por ano (Veloso) [8]

O armazenamento dos pneus pode ser perigoso perante uma situação de incendio, porque o produto alimenta a combustão perigando as infraestruturas vizinhas, mas também através da libertação da névoa de fumo contamina o ambiente. Ao invés de apenas armazenar-se este produto inservível pode-se estudar alternativas ou tecnologias para seu aproveitamento em outras aplicações onde podem adaptar-se. A figura 6 a mostra o incendio devido ao armazenamento de pneus.



(a) (b)
Fig. 6 - Risco de incendio decorrente do armazenamento de pneus (Veloso) [8]

As figuras abaixo referenciadas, mostram um exemplo de reutilização dos pneus no travamento da erosão, tudo indica que as acções ambientais tem um efeito sobre os solos locais figura 7. Onde mostra-se a disposição dos pneus inservíveis no local afecto pela erosão e por conseguinte a deposição de solos sobre os pneus (preenchendo a área vazia dos pneus). Já para outra figura 8 indica uma outra aplicação dos pneus que é em cadeiras com esta aplicação.

Com esta técnica de reutilização dos pneus pode-se reduzir o consumo da madeira, ferro e plásticos que efeitos impactantes sobre o ambiente, tornando o preço destas cadeiras muito reduzidas relativamente a madeira, ferro e o plástico referido anteriormente.



(a)



(b)

Fig. 7 - Pneus inteiros usados para conter erosão do solo (Andrade, 2007) [5]



Fig. 8 - Cadeiras feitas de pneus (andrade,2007) [5]

SOLUÇÕES COM MURO DE PNEUS

O custo depende basicamente da quantidade de pneus, que são pneus usados. Geralmente encontrados em depósitos de lixo, esses pneus podem ser adquiridos por baixo preço.

Para melhor visualizar o custo do muro de pneus, a análise considera a sua variação com a altura. Além dos pneus, tem-se o arame revestido de PVC, que é a solução adotada para amarração; uma máquina de terraplenagem, um trator e mão-de-obra, segundo a necessidade.

Sabe-se, de antemão, que não é possível escolher o tipo de pneu, o qual está no lixo. Portanto, pode optar-se por adotar, como hipótese, o tipo de pneu mais vendido no mercado.

Segundo Gerscovich, os muros de pneus são constituídos a partir do lançamento de camadas horizontais de pneus, amarrados entre si com corda ou arame e preenchidos com solo compactado. Funcionam como muros de gravidades e apresentam como vantagens o reuso de pneus descartados e a flexibilidade. A utilização de pneus em obras geotécnicas apresenta-se como uma solução que combina a elevada resistência mecânica do material com baixo custo, comparativamente aos materiais convencionais [9].

Sendo um muro de peso, os muros de solo-pneus são limitados a alturas inferiores a 5m e à disponibilidade de espaço para a construção de uma base com largura da ordem de 40% a 60% da altura do muro [9].

No entanto, deve-se ressaltar que o muro de solo-pneus é uma estrutura flexível, e, portanto as deformações horizontais e verticais podem ser superiores às usuais em muros de alvenaria ou em betão [9].

Assim sendo, não se recomenda a construção de muros de solo-pneus para contenção de obras civis pouco deformáveis, tais como estruturas de fundações ou ferrovias [9].

Como elemento de amarração entre pneus, recomenda-se a utilização de cordas de polipropeno com 6mm de diâmetro. Cordas de náilon ou sisal são facilmente degradáveis e não devem ser utilizadas. O peso específico do material solo-pneus utilizado em muros experimental foi determinado a partir de ensaios de densidade de campo (Medeiros et al 1997), e varia na faixa de $15,5\text{kN/m}^3$ (solo com pneus inteiros) a $16,5\text{kN/m}^3$ (solo com pneus cortados) [9].

O posicionamento das sucessivas camadas horizontais de pneus deve ser descasado, de forma a minimizar os espaços vazios entre pneus [9].

A face externa do muro deve ser revestida, para evitar não só carreamento ou erosão do solo de enchimento dos pneus, como também o vandalismo ou possibilidade de incêndios. O revestimento da face do muro deverá ser suficientemente resistente e flexível, ter boa aparência e ser de fácil construção. As principais opções de revestimento do muro são alvenaria de blocos de betão projectado sobre tela metálica, placas pré-moldadas ou vegetação. A figura 9 a seguir mostra a aplicação dos pneus em muros de contenção de terra nas aléias (a) e (b).

CONCLUSÃO

A temática relativa a sustentabilidade é um dos assuntos que deve preocupar toda sociedade, pois sabe-se que recursos naturais são esgotáveis, havendo uma enorme necessidade da racionalização dos recursos naturais, explorando e aplicando-os de forma racional.

Analisando os ciclos de vida dos distintos materiais que se encontram á disposição, há possibilidade de reutilização ao fim para que primeiramente fora concebido, mas também há várias opções de utilização após reciclagem, o uso como agregados ou ainda como elemento de substituição.

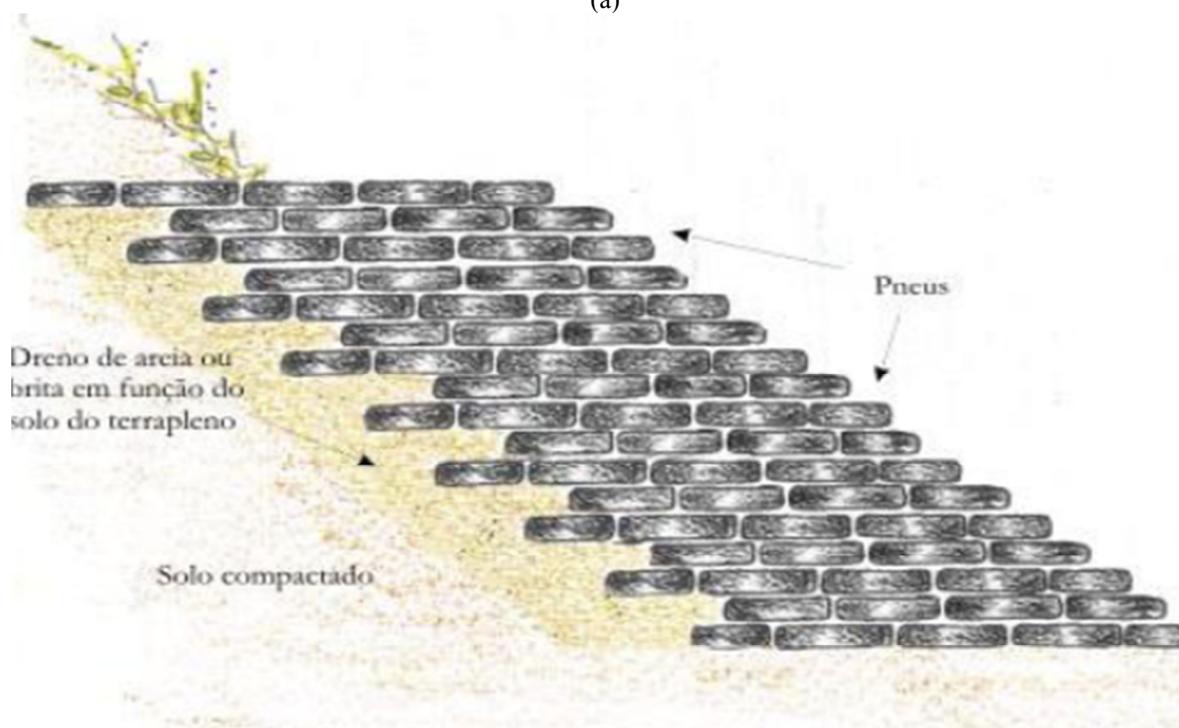
Com base na análise do ciclo de vida do pneu foi possível perceber que após seu uso original esta pode ser reaproveitado para diversos fins, na construção de muros de contenção, na produção de sandálias, produção de cadeiras entre outras aplicações.

Para além da reutilização ou reaproveitamento deste material para outros fins, percebe-se claramente que há uma economia ou redução na extração de materiais convencionais a que está-se acostumado a usar, poluindo cada vez menos o ambiente.

Portanto, o reaproveitamento dos diversos materiais que estão á disposição é uma solução muito económica, ambientalmente amigável a partir da redução dos impactos negativos.



(a)



(b)

Fig. 9 - Muro de contenção de terra usando pneus como material de construção alíneas a) e b) (Souza 2002 [10], Gerscovich [9] respectivamente)

REFERÊNCIAS

[1]-RAMOS, Leonardo Sohn Nogueira, A logística Reserva de pneus inseríveis: O problema de localização dos pontos de coleta, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de pós-graduas em Engenharia de produção, Florianópolis.

[2]-COSTA, Marilia Stella Vaz, O enfoque de ciclo de vida como estratégia para a gestão sustentável: Um estudo de caso sobre pneus Rio de Janeiro- Brasil, Setembro de 2007.

- [3]-OLIVEIRA, Otávio José, CASTRO, Rosanide, Estudo da destinação e da reciclagem de pneus inservíveis no Brasil, XXVII encontro nacional de engenharia de produção, Outubro 2007.
- [4]-POLAKOSKI, Juliane, Lógica do código de empresas de pneus, Federação de estudos sociais do Paraná-FESP, Instituto de ciências Sociais do Paraná-ICSP, Curso de administração de empresa, Curitiba, 2006.
- [5]-ANDRADE, Hered de Soreza, Pneus inservíveis: Alternativas possíveis de reutilização, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Julho 2007.
- [6]-KAMIMURA, Eliane, Potencial dos resíduos de borracha de pneus pela indústria de construção civil, Universidade Federal Santa Catarina, Programa de Pós- graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2004.
- [7]-MORAIS, Nayara Souza, Desenvolvimento Sustentável: reciclagem de pneus, Cuiabá,2009. Disponível em <http://www.ebah.br/content/ABAAAqZMAF/reciclagem-pneus>>. Acesso 15 out2015.
- [8]-VELOSO, Zilda Maria Faria, Ciclo de Vida dos pneus, Ministérios do meio Ambiente.
- [9]-GERSCOVICH, Denise M. S.,Estruturas de contenção - Muros de arrimo, Universidade do estado do Rio de Janeiro, Faculdade de engenharia.
- [10]-SOUZA, António Nerton, Muro de contenção utilizando pneus: análise e alguns comparativos de custos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- [11]-ARAÚJO, F. C. SILVA R. J., Pneus inservíveis: análise das leis ambientais vigentes e processos de destinação final adequados, In Encontro Nacional de Engenharia de Produção,25., 2005, Anais Eletrônicos, Porto Alegre: ENEGEP, 2005.
- [12]-CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, Resolução n. 05 de agosto de 1993, Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários, Brasília, 1993.
- [13]-CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 307 de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, 2002.
- [14]-CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, Resolução n. 416 de 30 de setembro de 2009, Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua disposição ambientalmente adequada, e dá outras providências. Brasília, 2009.
- [15]-KATO, J. M.,Cenários estratégicos para o transporte rodoviário de cargas no Brasil. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 2005.

[16]-GARDIN, Josy Alvarenga carvalho, FIGUEIRÓ, Paola Schmitt, NASCIMENTO, Luís Felipe, Logística Reversa de Pneus Inservíveis: discussões sobre três alternativas de reciclagem para este passivo ambiental. Revista Gestão e Planejamento, Salvador, jul./dez. 2010.

[17]-LAGARINHOS C. A. F, TENÓRIO J. A. S., Valorização Energética de Pneus no Brasil, Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 18, 2008.

[18]-MATTOS, J. R. L., Gestão da Tecnologia e Inovação: Uma Abordagem Prática. São Paulo: Saraiva, 2005.

[19]-MOUSINHO, P., Pneus usados como um resíduo a ser gerenciado, Relatório parcial do projecto experimental, Rio de Janeiro, 1997.

[20]-REVISTA DO CREA-PR, Reciclagem, Curitiba, 1999.

[21]-SIEIRA, A.C.C.F, Análise do comportamento de um muro de contenção utilizando pneus, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1998.

[22]-SOARES R. Gerenciamento de pneus em frota de caminhões de carga, In XII Simpósio de Engenharia de Produção. 2006, Anais Eletrônicos, Bauru/SP, SIMPEP, 2006.

[23]-STOCK J. R., Development and Implementation of Reverse Logistics Programs, United States of America: Council of Logistics Management, 1998.

[24]-WENZEL, R., Tyre Recycling in Australia, In Waste Management Association of Australia, Brisbane, 1998.

[25]-WERNKE, R., Gestão de custos: uma abordagem prática, 2 ed. - São Paulo: Atlas, 2004.

ARTIGO REF: 7025

OPERATIONS RESEARCH AND DECISION SUPPORT INVOLVING ELECTRICITY DISTRIBUTION SYSTEMS

Elias Viriato Wetela^{1(*)}, Clito Félix Alves Afonso²

¹University of Porto, Department of Electrical Engineering, Portugal

²University of Porto, Department of Mechanical Engineering, Portugal

(*)*Email*: wetelaviriato@hotmail.com

ABSTRACT

The objective of this paper is to bring out over the Mozambican power utility the impact of implementing a resilient model based on proposed key performance vectors for decision making support on electricity supply.

The reason why the assessment is carried out, it has been related to methodological issues to support the energy decision makers, such as the power companies sector and the power regulator authority in Mozambique. And, with a straight instrument that demonstrates how effective the model is, to be implemented for measuring the efficiency of 14-branches. Decision Making Units (DMUs) are available in the only one power utility company in Mozambique, which geographically are separated along the country with liability in electricity supply and technically designated as DMUs.

The study of this subject is precisely supported by the subject matter of implementation of a resilient model based on proposed key performance indicators for decision making support measures in the Mozambican electricity utility. The present study is developed in a specific substance to convey a resilient model by the fact that it has based on selected key performance indicators in such a way that first, would empirically be implemented within the present article in the efficiency measurement of the DMUs and second, to empirically express the improvement of electricity distribution by Mozambican power utility. The article contains information regarding efficiency measurement analysis to the sector of electricity distribution in Mozambican as well as measurement of productivity change within 14 DMUs. A comparative study is initially conducted before the specific methodological objectives of the main matters of the article, so that it could guide the mechanisms of selective key performance vectors to be applied in the efficiency assessment in developing countries (DGCs) such as Mozambique. The article uses the Data Envelopment Analysis (DEA), which is a nonparametric method of operational research approach to explore the technical key performance vectors for modelling the electricity distribution through efficiency measurement and on the other side it should measure the productivity change over 14 DMUs.

Moreover, the aimed design model has in each hand (the left and right) three proposed key performance vectors used in the modelling process, table 1. In order to conduct the assessment, the platform of efficiency measurement system (EMS) was adopted through DEA with input oriented to constant returns to scale (CRS) so that the performance of each DMU should be met during the term 2012 up to 2015. Within the context of the present appraisal, the productivity changes is empirically evaluated through Malmquist Index (MI) by applying data of term 2013 and 2014 while running EMS and following its respective technical frontier.

The empirical result of the study demonstrates that, the ID 5 has repeatedly along the term offered best performance among all efficient DMUs, this is justified by the higher reliability

being used as a reference by inefficient ones. It means, in this context of analysis, ID5 as a peer has been regularly referred over the term 23 times than other IDs and for that reason it has been considered being an efficient steady. Thus, ID11 has been referred 10 times as benchmark after ID5, followed by IDs 8 and 10 both referred 7 times as it can be seen in the tables IV and V. Different position has been given to the ID14, despite being efficient 3 times, it does not exactly avail to be benchmarks for inefficient DMUs as peer since it has only been referred once along the whole term.

The analysis of productivity change of the firm during the term 2013/14 according to the results displayed in the table VII shows that, the utility has an overall change next to the line index improvement and this is supported by the performance of MI due to the high level of DMUs with values greater than one. The particular MI values of IDs 2, 7 and 10 are greater than one ($MI > 1$), meaning that for the reference term in analysis, the productivity for these DMUs has improved. And IDs 5, 11, 12 and 14 possess the MI greater than one ($MI > 1$) with the implication that the productivity has grown at least due to the improvement of the technological sub-index while its efficiency kept unchanged due to the forwarding weight measures linked to the respective frontiers. Eventually, it has been found out that the DMUs with IDs 3 and 4, possess lower values of MI than one ($MI < 1$), explicitly this means that the productivity in the current state has declined only due to the deterioration of the efficiency sub-index.

The outcome got from the study allows to state that, the applied model can reconcile the way how the power utility companies could improve the provision of electricity in Mozambique, by looking into the constraints within the target stage that should be attenuated. Among the key performance vectors applied in the analysis, "energy losses" and "energy delivered" as well as "network length" and "total customers" are described as a reference to highlight the aftermath of the study. On the other hand, the key performance vectors "network length" and "total customers" over "target stage", present a great possibility to improve both vectors while operating at the conditions of the suggested model.

REFERENCES

- [1]-A. Camanho, "Optimization and Decision Support Techniques," 2015.
- [2]-T. Coelli, *et al.*, Eds., Performance Measurement and Regulation of Network Utilities (Centre for Efficiency and Productivity Analysis. University of Queensland, Australia N/d, p.
- [3]-C. *et al.*, "Linear programming model -Input oriented DEA model with Constant Returns to Scale," 1978.
- [4]-C. H. Antunes, "Data Envelopment Analysis: Applications in the Energy Sector," INESC Coimbra, 2015.
- [5]-A. Cullmann, H. Crespo, and M.-A. Plagnet, "International Benchmarking in Electricity Distribution," German Institute for Economic Research, 2008.
- [6]-E. P. Electricidade de Moçambique, "Relatórios Anuais Estatístico," UGDE da Electricidade de Moçambique, E.P., Av. Eduardo Mondlane / Amílcar Cabral, Nº 1352,-3º Andar 2012 - 2013 - 2014.
- [7]-R. G. D. b. A.S. Camanho a, "Cost efficiency measurement with price uncertainty: a DEA application to bank branch assessments," 2007.
- [8]-T. C. *et al.*, Performance Measurement and Regulation of Network Utilities. School of Economics, University of Queensland, Australia, 2001.

ARTIGO REF: 7032

ANALISE DIFUSIONAL ENTRE ELEMENTOS DE LIGA INCONEL 600 PRODUZIDA PELA METALURGIA DO PÓ, COMPACTADA EM CAMADAS

Alima Carlos Averú^(*), Luciano Volcanoglo Biehl, Jorge Braz Medeiros

Universidade Federal do Rio Grande, Programa de Pós-Graduação em Eng^a Mecânica - Rio Grande-RS, Brasil

^(*)*Email:* alimaveru@gmail.com

RESUMO

Metalurgia do pó (P/M) é um bom método para a fabricação de material de elevado ponto de fusão com melhores propriedades mecânicas, e, uma mudança sutil no processo pode causar uma alteração significativa nas propriedades finais do material, [ASM, 2004].

Na metalurgia do pó, após compactar, o compactado verde é sinterizado, sendo este o processo pelo qual partículas se unem em temperaturas abaixo do ponto de fusão do elemento majoritário pelo transporte de átomos obtendo a microestrutura final do componente através de controlo de suas variáveis, para além da agregação dos pó [German, 1997; Kang, 2005].

Neste trabalho, a sinterização baseou-se na norma ASTM de superligas de Níquel e foram usados para a formação da liga Inconel 600 pela metalurgia do pó, pó elementares de Ni, Fe e Cr (materiais principais de liga inconel), pesados individualmente em 50g equivalente a 100% da composição 76%Ni8%Fe16%Cr da liga e repesado separadamente em 7,6%Ni0,8%Fe1,6%Cr (equivalente a 10g da composição), compactada em uma matriz rígida cilíndrica isostaticamente a 800MPa em prensa universal de tração/compressão (colocada em camadas/um elemento por cima do outro na matriz e com pré-carga de 5MPa), sinterizada a 1200°C em forno EDG - 3000 em 6horas, resfriado ao ar, preparada metalógraficamente e atacado quimicamente com Villela, para as análises no MO e EDS-MEV da liga.



Fig. 1 - Amostra o corpo de prova da liga formada antes e depois do corte ao meio.

Gases inertes são bastante utilizados na sinterização de ligas de níquel, criando uma atmosfera protetora sobre este, sem que ocorra nenhuma reação, [ASM, 1990].

Neste trabalho durante a sinterização, houve uma queda inesperada de gás inerte (99% argônio), usado para controlar a atmosfera dentro do forno e por essa razão, observa-se pela figura 1 que na superfície formou-se camadas oxida (carepa) em toda amostra evidenciando que ocorreu um processo de difusão inicial entre os elementos constituintes da liga

sinterizada. Para melhor análise qualitativa e quantitativa da difusão entre esses elementos, a amostra foi submetida a EDS-MEV como mostra a figura 2.

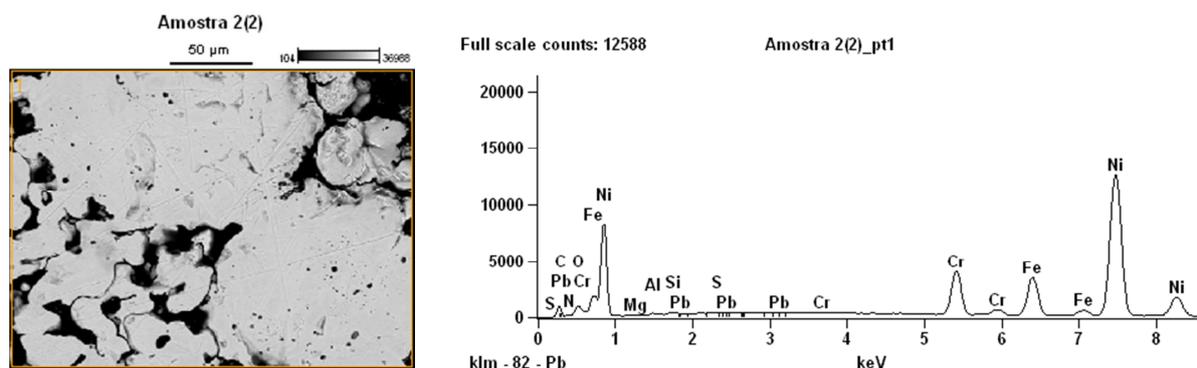


Fig. 2 - Análise por espectrometria de energia dispersiva acoplado ao microscópio eletrônico de varredura (EDS-MEV).

Pelas imagens geradas no MO e EDS-MEV mostrando a porosidade (pontos escuros) e a não homogeneidade total entre os elementos, revelou-se ocorrência da difusão inicial entre os elementos e entre o cromo e níquel quase que não houve difusão entre eles em relação ao níquel com o ferro, mostrado quantitativamente no gráfico (fig. 2).

Pesquisas futuros, recomenda-se que durante a prensagem se use uma carga maior e que se use um gás inerte para controlar a atmosfera dentro do forno durante toda a sinterização para que se obtenha resultados melhores.

Agradecimentos vão para o CNPq pelo financiamento, ao PPMec e CEME-SUL-FURG pela disponibilidade dos equipamentos.

REFERÊNCIAS

- [1]-ASM Internacional. Metals Handbook-Volume 7 Powder Metal Technologies and Applications. Materials Park, Ohio: ASM Internacional, (1990).
- [2]-ASM. Elements of Metallurgy and Engineering Alloy. ASM International (2004).
- [3]-German, R. M. & Bose, A. Injection molding of metals and ceramics. Metal Powder Industries Federation, Princeton, NJ (1997).
- [4]-Kang, S. J. L. Sintering, Densification, Grain Growth and Microstructure. Elsevier (2005).

ARTIGO REF: 7035

IDENTIFICAÇÃO DE LOCAIS POTENCIAIS PARA A COLECTA DE ÁGUA DA CHUVA NA BACIA DO LIMPOPO

Berta Lúcia Cumbane^{1(*)}, Emilio José Magaia², Agostinho Chuquelane Vilanculos³

¹Universidade Zambeze, Faculdade de Ciências de Saúde (FCS) - Tete, Moçambique

²Universidade Eduardo Mondlane, Departamento de Engenharia Rural - Maputo, Moçambique

³ARA-Sul Administração Regional de Águas do Sul, Departamento Técnico, SRH & Modelos Hidrológicos, Maputo, Moçambique

(*)*Email*: blcumbane@gmail.com / b_cumbane@hotmail.com

RESUMO

Nos últimos anos tem-se notado uma progressiva redução na quantidade de reservas naturais de água doce sobre o globo terrestre. Associadas a este facto existem várias razões na sua maioria que se relacionam com a crescente pressão que o Homem tem exercido sobre os recursos naturais.

Neste estudo, desenvolveu-se uma metodologia associada a Sistemas de Informação Geográfica, para a porção Moçambicana da bacia do Limpopo, com objectivo de encontrar locais potenciais para a colecta de água da chuva e determinar os volumes possíveis de captar por cada posto administrativo. Para tal, usou-se o ModelBuilder, onde fez-se a sobreposição de mapas de precipitação, textura e profundidade do solo, uso e cobertura de terra e declive do terreno, por contribuição de pesos percentuais. Das áreas estudadas o posto administrativo de Chigubo, mostrou maior potencial de colecta de água, seguido pelo posto administrativo de Pafuri e Mapai, respectivamente. Portanto, o modelo mostrou boa performance, onde o coeficiente de correlação $R= 0.9627$ e o coeficiente de determinação $R^2= 0.9269$, explicaram o grau de exactidão do modelo.

INTRODUÇÃO

Moçambique é um País tropical caracterizado por chuvas irregulares, sobretudo na zona Sul onde as precipitações excessivas têm provocado cheias nas principais bacias hidrográficas, e o défice origina secas prolongadas.

Segundo a FAO (1990), a bacia do Limpopo é tida como a zona de maior risco de secas. Nesta região, a baixa frequência da precipitação faz com que a água constitua um factor limitante para a produção agrícola em áreas sem sistemas de irrigação e completamente dependentes da água da chuva. Este facto compromete a planificação das campanhas agrícolas e afecta negativamente as culturas em campo, contribuindo deste modo para a baixa produtividade das culturas e consequente insegurança alimentar.

Face a esta situação, estudos para a mitigação dos efeitos negativos causados pela seca constituem algumas das maiores prioridades a ter em conta para melhorar a produção agrícola, garantir a colheita em anos de fraca precipitação e minimizar o problema de falta de água para o consumo em certas regiões, de forma a contribuir para a melhoria do nível de vida das populações, o que promove o desenvolvimento do país (Ministério para a coordenação da acção ambiental, 2002).

A colecta de água da chuva tem sido uma técnica popular usada em muitas partes do mundo, especialmente em regiões áridas e semi-áridas (BOERS, 1994). Foi usada e difundida em regiões onde as chuvas ocorrem somente durante poucos meses e em locais diferentes (GALVÍNCIO & MOURA, 2005). É neste contexto que este trabalho foi realizado, cujo propósito é identificar áreas potenciais para a colecta de água da chuva na bacia do Limpopo como forma de minimizar os problemas relacionados à falta de água.

Localização geográfica

A bacia hidrográfica do Limpopo (figura 1) encontra-se a uma altitude média de 840m acima do nível do mar. Estende-se entre as latitudes 22°S e 26°S e longitudes 26°E e 35°E. Possui uma área total de 415.500Km², englobando quatro países da Africa Austral, Botswana, Moçambique, África do Sul e Zimbabwe (FEWS NET, 2003), apresenta uma altitude máxima de 2300m, perto de Lydenburg na Africa do Sul, uma média de 840m e mínima de 4m em Xai-Xai (DNA, 2000).

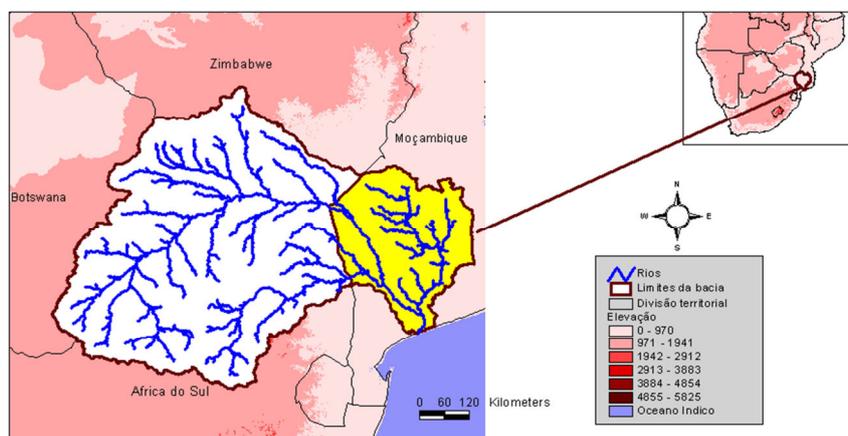


Fig. 1 - Localização da área de estudo (Fonte: adaptado de USGS, 2001)

METODOLOGIA

O ambiente escolhido para o presente trabalho foi o ModelBuilder por incorporar modelos analíticos e responder a problemas espaciais estruturados, satisfazendo as exigências de tomada de decisões rápidas na planificação e gestão dos recursos hídricos.

Dados

Os dados usados foram colhidos por um lado através de “downloads” da Internet e por outro lado na Administração Regional de águas do Sul (ARA-Sul), que é a Instituição responsável pela gestão da Bacia do Limpopo.

(a) Precipitação

O conhecimento de características como a distribuição espacial e temporal da precipitação de uma determinada área é um dos pré-requisitos para projectar um sistema de identificação de locais para a colecta de água. No modelo, este parâmetro foi usado para determinar as áreas em que a precipitação tem a capacidade de produzir escoamento superficial. Estes dados com a resolução de 1km foram disponibilizados pela ARA-Sul.

(b) Uso e cobertura de terra

Um aumento na densidade da vegetação resulta em um aumento correspondente em perdas de interceptação, retenção e taxa infiltração que, por conseguinte, diminui o volume de escoamento. Portanto, dados de uso e cobertura de terra serviram para avaliar a influência da vegetação na infiltração da água no solo. Estes dados com a resolução de 1km encontram-se disponíveis no endereço http://edcdaac.usgs.gov/glcc/af_int.html.

(c) Modelo Digital de Elevação

O Modelo Digital de Elevação foi usado para a determinação da inclinação do declive, um parâmetro considerado de elevada importância para a análise de locais para a macro e micro colecta. Estes dados com a resolução de 1km foram obtidos em http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30/hydro/af_basins.asp.

(d) Tipo de solo e profundidade

A estrutura da superfície influencia o processo de escoamento superficial e o movimento de água no solo e dentro da matriz do solo, a profundidade do solo foi usada para determinar a quantidade de água que pode ser armazenada no solo. Estes dados com a resolução de 1km estão disponíveis em http://daac.gsfc.nasa.gov/data/inter_disc/hydrology/soil.

(e) Imagem satélite

A imagem satélite Landsat TM 5 foi usada no processo de validação do modelo desenhado. É fundamental para o modelo pois contém a informação sobre a realidade do campo em forma de fotografia. Estes dados foram adquiridos na CENACARTA, pertencendo a carta N° 168-76 (Agosto de 2000).

Processamento dos dados

No software ArcView 3.2a introduziu-se os dados acima mencionados de acordo com o tipo de dados e iniciou-se o processo de modelação usando a extensão ModelBuilder.

A inclinação do declive do terreno foi extraída do Modelo Digital de Elevação, usando a equação 1 (ERSI, 2000).

$$D = sV * sH * 100 \tag{1}$$

Onde:

D - Inclinação do declive (em percentagem)

sV - Distância vertical (em metros ou quilómetros)

sH - Distância horizontal (em metros ou quilómetros)

O mapa de precipitação passou por uma reclassificação, com vista a padronizar os valores e organiza-los em intervalos segundo as categorias propostas pela FAO (2004), citado por RELMA, 2005 (Tabela 1).

Tabela 1 - Potencial da precipitação na produção de escoamento

Precipitação (mm)	Descrição
0 a 200	Não ocorre escoamento
200 a 400	Baixo potencial
400 a 1200	Potencial médio
> 1200	Alto potencial

Fonte: FAO (2004)

A reclassificação do declive foi feita seguindo o critério estabelecido pela USGS (2005) citado por RELMA, 2005 (Tabela 2).

Tabela 2 - Classificação do declive

Declive (%)	Descrição
0 a 2	Planícies
2 a 8	Ondulações
8 a 16	Terrenos ondulados
16 a 30	Terrenos acidentados
> 30	Montanhas

Fonte: USGS, 2005

Os dados de textura e profundidade passaram também pelo processo de reclassificação onde, para a profundidade do solo a reclassificação foi feita com base no critério estabelecido pela FAO (Tabela 3).

Tabela 3 - Classes de profundidade do solo

Categoria	Profundidade (cm)
Muito baixa	< 10
Baixa	10 - 50
Moderada	50 - 100
Alta	100 - 150
Muito alta	100 - 300

Fonte: FAO & UNin IUSS, 2006

Para a textura do solo, a reclassificação baseou-se na classificação feita pela USGS (2005) citado por RELMA (2005) em que os solos se subdividem em quatro grupos hidrológicos de acordo com a taxa de infiltração (Tabela 4). Adoptou-se três categorias de textura, em que o grupo A corresponde a textura arenosa, o grupo B a textura limosa e os grupos C e D correspondem a textura argilosa devido às baixas taxas de infiltração.

Tabela 4. Caracterização dos solos

Grupo Hidrológico	Características
Grupo A	Solos com baixo potencial de escoamento superficial e elevada taxa de infiltração. Inclui solos de textura arenosa, argilo-arenosa e franco-arenosa.
Grupo B	Solos com uma taxa de infiltração moderada. Inclui solos de textura limosa e franco limosa.
Grupo C	Solos com baixa taxa de infiltração. Deste grupo fazem parte os solos de textura Franco argilosa.
Grupo D	Solos com taxa de infiltração muito baixa. Inclui solos de textura argilosa, argilo-arenosa, argilo-limosa.

Fonte: USGS (2005)

Para encontrar os locais de acumulação da água da chuva usou-se um processo de sobreposição por influência de pesos de cada mapa temático (figura 2), que ocorreu multiplicando os valores de escala de cada parâmetro com a percentagem de contribuição, segundo a equação 2 em ESRI (2000).

$$P_i = \sum C_j X A_i \quad (2)$$

Onde:

P_i - Nível de potencial para a colecta de água

C - Peso de contribuição (em percentagem)

A - Valores de escala das componentes de cada mapa temático

i - Variando de 1 a 3

j - Mapas temáticos

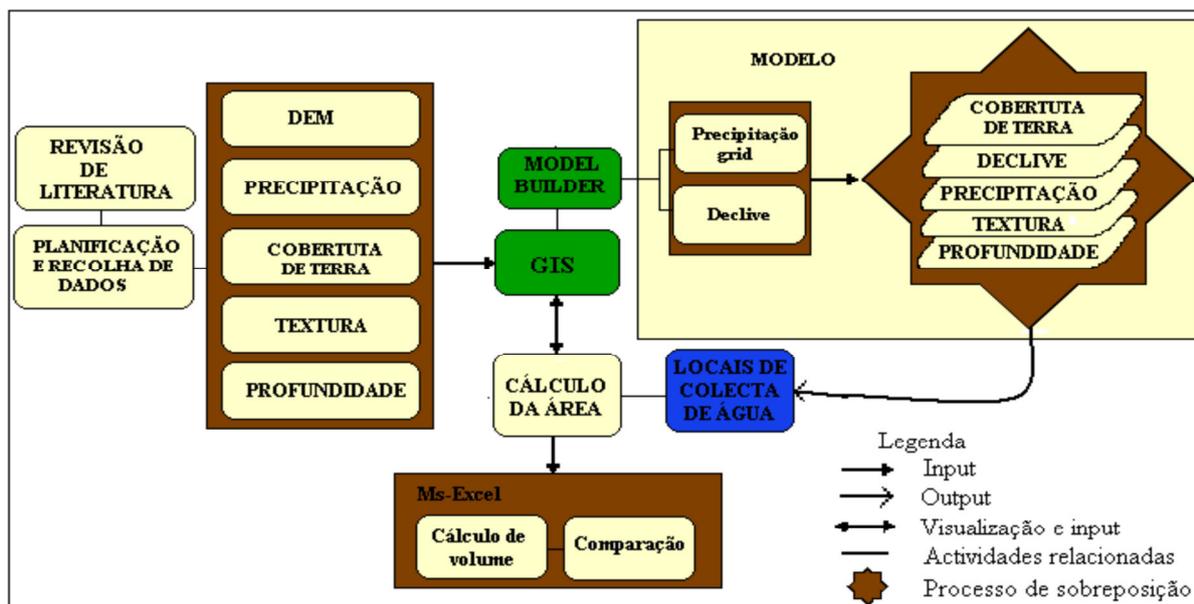


Fig. 2 - Descrição simplificada da metodologia

Calibração, verificação e validação

O primeiro passo para a calibração foi a análise de sensibilidade, que é uma técnica usada para testar os acontecimentos dentro de um modelo quando há variação de eventos.

A análise de sensibilidade permitiu detectar quais os dados mais relevantes na acumulação de água das chuvas. Para este caso teve-se como referência a albufeira de Massingir e o Posto administrativo de Chigubo, tendo-se feito variar os parâmetros de modo a se atingir um cenário de concordância entre a área observada no campo e a área calculada. As áreas observadas no campo foram obtidas por digitalização da imagem satélite dentro da plataforma SIG.

A verificação consistiu na comparação das áreas resultantes do modelo com a informação da imagem satélite, através de regressão linear. Uma vez que a Imagem Satélite não cobria totalmente a área de estudo, esta comparação foi feita apenas para 7 postos administrativos abrangidos na sua totalidade pela Imagem (Mabalane, Combomune, Ntlavene, Mavodze, Pafuri, Mapai e Chigubo), considerando-se a área dada pela imagem como sendo a variável independente e a dada pelo modelo como a variável dependente obtendo-se daí o coeficiente de correlação R e o coeficiente de determinação R^2 . Os pesos atribuídos aos mapas temáticos foram ajustados manualmente de forma a se obter um valor representativo da influência de cada variável. Efectuou-se posteriormente a determinação da eficiência “Ef” e do desempenho do modelo “c”, em que o coeficiente de desempenho foi obtido pela equação 3 proposta por Camargo e Sentelhas (1997) e a sua respectiva classificação é dada pela tabela 5.

Tabela 5 - Classificação do coeficiente de confiança ou desempenho

C	Desempenho
> 0.9	Ótimo
0.81 - 0.9	Muito bom
0.71 - 0.8	Bom
0.51 - 0.7	Mediano
0.41 - 0.5	Sofrível
0.31 - 0.4	Mau
≤ 0.3	Péssimo

Fonte: Andrade Júnior et al. (2006)

$$c = R \times d \quad (3)$$

Onde:

c - Coeficiente de confiança ou desempenho de Camargo-Sentelhas

R - Coeficiente de correlação ou índice de precisão

d - Índice de concordância ou de exactidão de Willmott

O índice de concordância foi obtido apartir da equação 4 proposta por Willmott (1991). Este indica o grau de exactidão entre os valores estimados ou calculados e os valores observados.

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - E_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|E_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \quad (4)$$

Onde:

d - Índice de concordância ou de exactidão de Willmott

O_i - Valor observadoE_i - Valor estimado ou calculado \bar{O} - Média dos valores observados

n - Número de observações

A eficiência do modelo é calculada com base na equação 5 de Sentelhas et al. (2003).

$$Ef = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 - \sum_{i=1}^n (O_i - E_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (5)$$

Onde:

Ef - Eficiência do modelo

O_i - Valor observado \bar{O} - Média dos valores observadosE_i - Valor estimado ou calculado

n - Número de observações

O erro médio absoluto foi calculado com base na equação 6 proposta por Sentelhas et al. (2003).

$$EMA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |O_i - E_i| \quad (6)$$

Onde:

EMA - Erro médio absoluto

O_i - Valor observado

E_i - Valor estimado ou calculado

n - Número de observações

Para a validação do modelo, fez-se uma comparação das áreas dadas pelo modelo e as observadas pela imagem satélite, através de regressão linear, com o objectivo de avaliar a concordância existente por cada posto administrativo.

Posteriormente efectuou-se a comparação dos valores obtidos, com o objectivo de estimar e avaliar a diferença entre as áreas dadas pela imagem satélite e as áreas resultantes do modelo. Para tal usou-se a equação 7 de Sawunyama (2005) citado por Magaia (2006) referente ao índice de percentagem de diferença de área (PDAI).

$$PDAI = \frac{(Area_{observada} - Area_{calculada})}{Area_{observada}} \times 100 \quad (7)$$

Fez-se a determinação da área relativa (equação 8).

$$Area\ relativa\ (\%) = 100 - |PDAI| \quad (8)$$

Onde:

PDAI— Índice de percentagem de diferença de área (%)

Área observada — Área de colecta obtida usando a imagem satélite (Km²)

Área calculada — Área de colecta obtida usando o modelo (Km²)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As figuras 3 e 4 explicam o processo de funcionamento do modelo de colecta de água do Limpopo (MOCAL), o qual tem grande aplicabilidade em estudos de avaliação da sensibilidade de parâmetros, bem como na identificação de áreas com potencial de colecta e armazenamento de água das chuvas, necessitando de confirmação através de estudos de campo.

Na figura 3, os rectângulos azuis representam os dados de entrada, os quais podem ser substituídos por outros, dependendo dos objectivos do estudo. As estruturas ovais de cor alaranjada representam a função pela qual os dados são transformados noutros e, o resultado deste processo é representado pelos rectângulos verdes com borda arredondada.

A função vector conversion converte os dados para o formato matricial, como ocorreu com os dados de precipitação. A função slope é usada para a extracção do declive, à partir do Modelo Digital de Elevação, enquanto que a função reclass ajuda a organizar os dados de acordo com os objectivos.

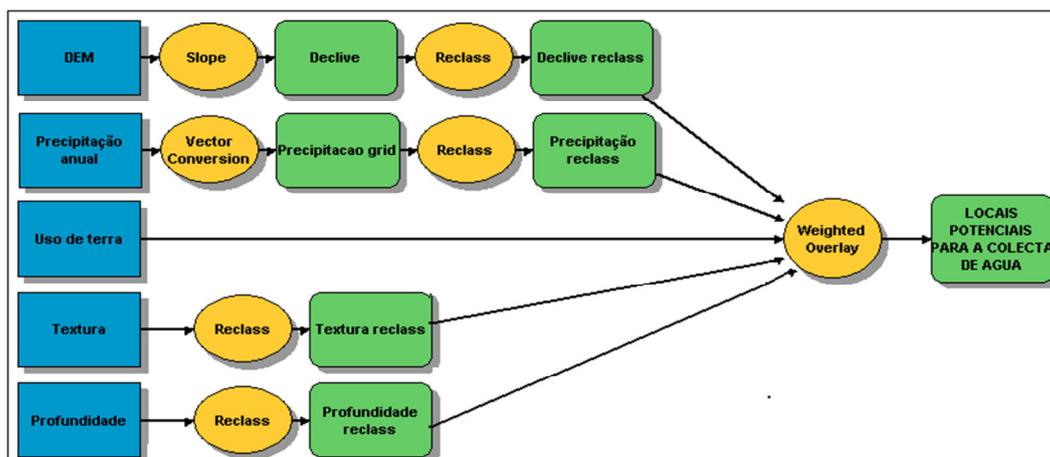


Fig. 3 - Processo de sobreposição

As áreas de colecta são dadas pela combinação dos dados transformados, através de uma sobreposição por influência de pesos, função Weighted overlay. Essa combinação é representada pela figura 4, onde as componentes de cada mapa temático recebem um valor de escala que dependendo do nível de contribuição para se encontrar locais apropriados para a colecta de água. Neste caso, os atributos que recebem o valor de escala 1 possuem o nível mais alto de contribuição isto é, estes atributos pertencem ao nível alto na escala de avaliação do potencial para a colecta de água. O valor 2 representa o nível médio, e o nível baixo é representado pelo valor 3. Após a atribuição dos pesos de contribuição de cada mapa temático, pode-se correr o modelo através do botão Run e, o resultado do processo é visualizado na view do software ArcView. Neste caso a precipitação, com peso de 40%, exerce maior influência, seguindo-se o declive com 25%, a Cobertura do solo com 15% e as características do solo (textura e profundidade), ambas com 10%.

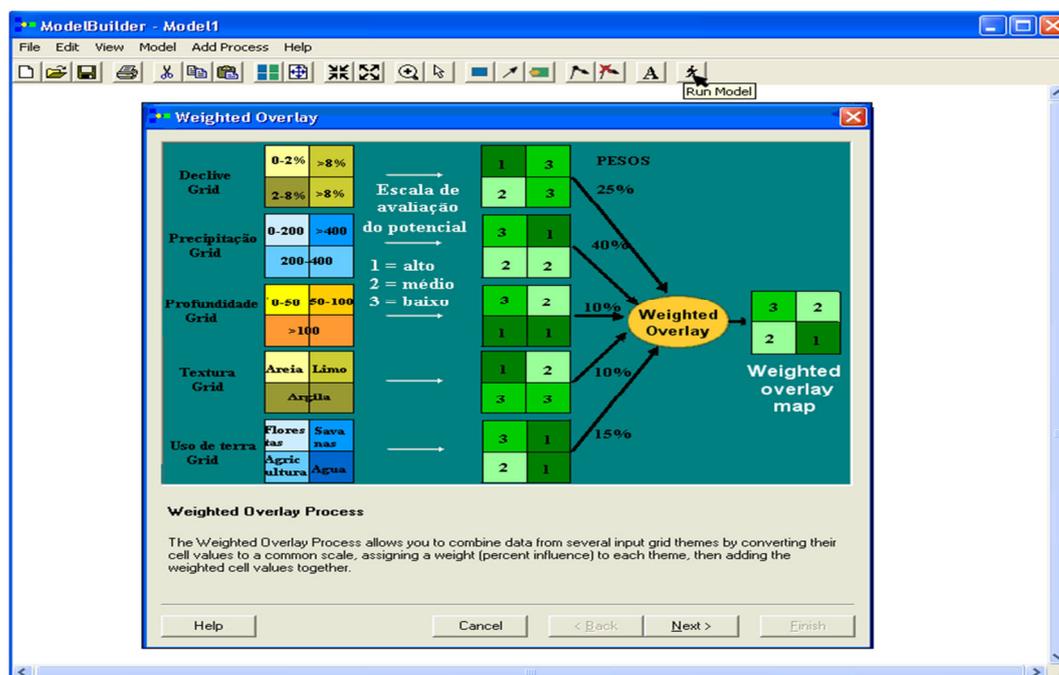


Fig. 4 - Combinação dos parâmetros

Áreas de colecta de água antes da calibração do modelo

A figura 5 ilustra as áreas encontradas pelo modelo antes do processo de calibração. Este cenário mostra a predominância de zonas com elevado potencial de colecta, sobretudo nos postos administrativos localizados na faixa costeira. Mais para o interior aparecem também com um potencial elevado os postos administrativos de Pafuri, Vila Eduardo Mondlane, Mapai, Chigubo, Massangena e Mavue. Contudo, a maior parte dos postos administrativos encaixam-se na escala de potencial médio, enquanto que não ocorrem áreas com baixo potencial de colecta de água. Isto deve-se ao facto de ter-se corrido o modelo atribuindo igual peso de contribuição para todos factores e ter-se considerado que o solo não possui vegetação, o que não reflecte a realidade.

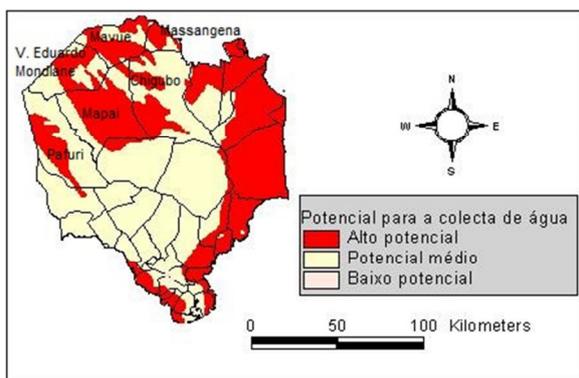


Fig. 5 - Áreas de colecta antes da calibração (solo nú)

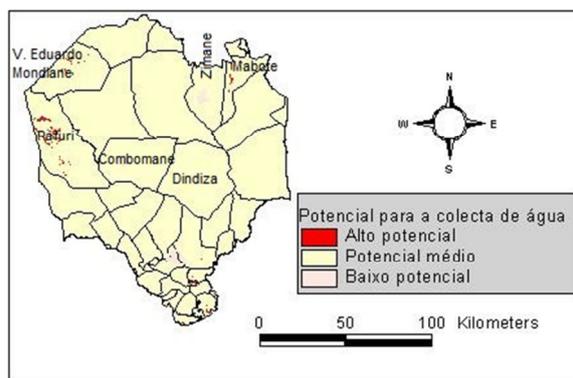


Fig. 6 - Áreas de colecta antes da calibração (solo coberto)

Para o caso da figura 6 as áreas com elevado potencial de colecta por posto administrativo mostraram-se reduzidas, ocorrendo nos postos administrativos de Pafuri, Vila Eduardo Mondlane e Mabote. Contrariamente ao cenário anterior, em Combomune, Ndindiza e Zimane, há ocorrência de zonas com baixo potencial de colecta. Isto deve-se ao facto de ter-se considerado que o solo se encontrava totalmente coberto e, a cobertura de terra ser na sua maioria constituída por formações florestais onde a profundidade dos solos é excessivamente elevada, superando o limite estabelecido na metodologia.

As figuras acima mostram a existência de uma forte influência da cobertura de terra na identificação das áreas de colecta. Portanto, no processo de calibração considerou-se as variações deste factor para diferentes áreas.

Áreas de colecta de água depois da calibração do modelo

O resultado do processo de sobreposição foi um mapa que ilustra áreas com diferente potencial para a colecta de água variando de alto, médio até ao baixo potencial.

A figura 7 mostra as áreas potenciais para a colecta de água. Em termos numéricos o posto administrativo de Tome no distrito de Funhalouro, província de Gaza, apresentou um elevado potencial para a colecta de água, seguindo-se o posto administrativo de Mabote e o posto administrativo de Chigubo, província de Gaza. A diferença de áreas por posto administrativo deve-se ao facto de cada posto administrativo possuir características relacionadas com o uso de terra, que diferem de região para região.

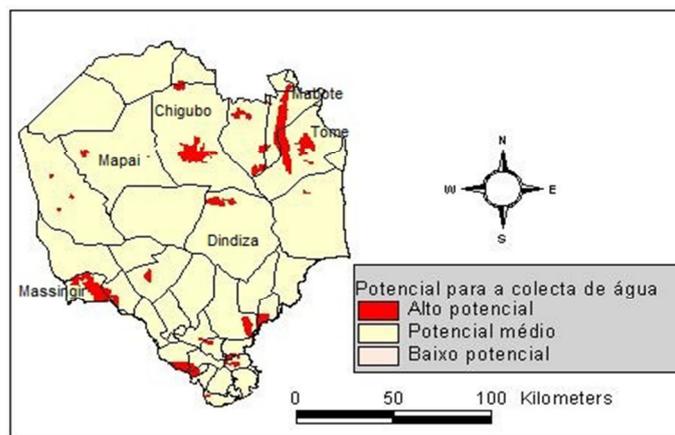


Fig. 7 - Locais potenciais para a colecta de água

Verificação do modelo

A aplicabilidade do modelo foi estatisticamente explicada pelo resultado da análise de regressão (figura 8) entre a área calculada e a área observada tendo um valor de $R^2 = 0,9269$. O valor de F foi altamente significativo, explicando a existência de uma forte correlação positiva entre as áreas, dando um coeficiente $R = 0,9627$. Este valor indica que, as áreas encontradas pelo modelo são aplicáveis, assumindo que os factores usados neste estudo correspondem às únicas características que tem influência sobre as áreas de acumulação de água da chuva.

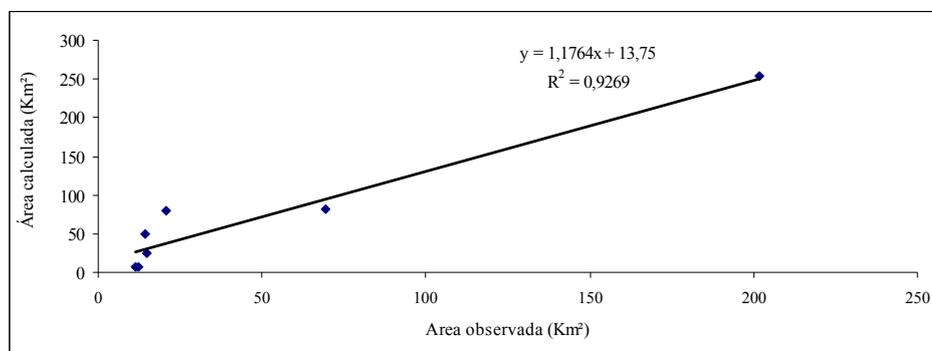


Fig. 8 - Regressão entre a área observada e a área calculada

Comparação dos resultados (validação do modelo)

Do processo de validação do modelo certificou-se que as contribuições percentuais atribuídas a cada mapa temático produzem resultados aplicáveis. Este facto é explicado pela figura 9a que mostra a concordância existente entre o produto resultante do modelo e a informação dada pela imagem satélite.

A figura 9 acima mostra que as áreas encontradas usando o modelo coincidem em alguns casos com o que se observou no ano 2000. Contudo, esta concordância é nítida no posto administrativo de Chigubo devido a existência de uma área maior em que a presença de água é claramente visível. Contudo, existe uma área também considerável em que a presença de água é constante. É o caso da albufeira de Massingir (figura 9b).

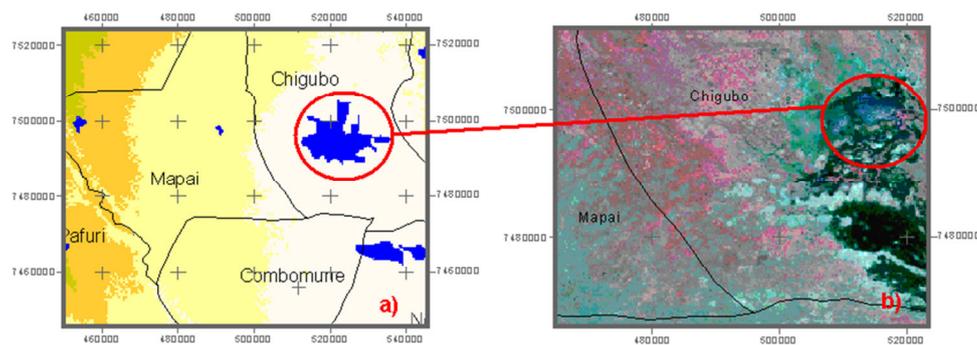


Fig. 9. Comparação dos resultados obtidos do modelo(a) e da imagem LANDSAT 5(b)

Existem vários outros pontos que a imagem satélite mostra e que ocorrem no modelo mas estes não foram usados para a comparação por serem insignificantes, comparativamente a área acima indicada.

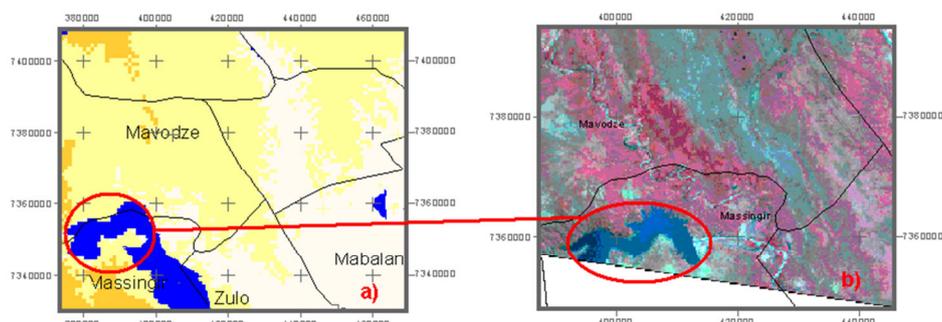


Fig. 10 - Resultado do modelo (a) e da imagem satélite (b) referente a albufeira de Massingir

CONCLUSÕES

Combinando dados espaciais e com ajuda de Sistemas de Informação Geográfica do tipo Arcview, é possível criar um modelo simplificado para a tomada de decisão sobre as áreas potenciais para a colecta de água e esse modelo pode ser usado com um elevado grau de exactidão e precisão como foi mostrado neste estudo. Isto pode ser sustentado pelo produto entre o índice de precisão $R = 0.9627$ resultante da análise de regressão e o índice de concordância $d = 0,9429$, dando um coeficiente de desempenho $c = 0.9078$ que confere ao modelo um desempenho estatístico óptimo. O mesmo modelo é de grande aplicação em exercícios de avaliação da influência de variáveis em eventos extremos.

Existem locais com grande potencial para a colecta de água da chuva na bacia do Limpopo e, esses locais compreendem uma pequena parte da província de Inhambane, no posto administrativo de Mabote onde cerca de 21% da área total pode ser ocupada pela água. Na província de Gaza, em Lionde a água chega a ocupar cerca de 20% da área total, enquanto nos postos administrativos de Ndindiza, Zimane, Chigubo e Tome a percentagem de área ocupada pela água é menor que 4%.

REFERÊNCIAS

[1]-ANDRADE, J. 2006. Parametrização de modelos agrometeorológicos para a estimativa da produtividade da cultura de Milho na região de Parnaíba, Piauí. Revista ciência agronômica. V-37. Brasil.

- [2]-BOERS, T. M. (1994). Rainwater Harvesting in Arid and Semi-Arid Zones, 146.
- [3]-CAMARGO, A. P; SENTELHAS, P. C. 1997. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa de evapotranspiração potencial no estado de São Paulo. Revista brasileira de agrometeorologia. V-5. Brasil.
- [4]-DNA. 2000. Análise hidrológica do evento cheia. Maputo.
- [5]-ESRI. 2000. ModelBuilder for ArcView Spatial Analyst 2. An ESRI White Paper
- [6]-FAO.2004. Drought Impact Mitigation and Prevention In The Limpopo River Basin A situation analysis; Land and water discussion Paper N° 4. Rome in www.fao.org, visitado em janeiro de 2008).
- [7]-FAO, R. (Italy). L. and W. D. D. 1990. An International Action Programme on Water and Sustainable Agricultural Development. A strategy for the implementation of the Mar del Plata Action Plan for the 1990s.
- [8]-FEWSNET. 2003. Atlas de preparação contra desastres naturais na bacia do Limpopo. Moçambique.
- [9]-GALVÍNCIO, J. D., & MOURA, M. S. B. de. (2005). Aspectos climáticos da captação de água de chuva no estado de pernambuco. Revista de Geografia, Vol. 22, N, 96-113. Retrieved from <http://www.ufpe.br/revistageografia/index.php/revista/article/viewArticle/51>
- [10]-IUSS Working Group WRB. 2006. World reference base for soil resources 2006.
- [11]-MAGAIA, E. J. 2006. Remote Sensing and GIS for Reservoir Water Assessment and Flood Mapping in the Incomati Basin. UNESCO-IHE. Institute for Water Education. Netherlands.
- [12]-MINISTÉRIO PARA A COORDENAÇÃO DA ACÇÃO AMBIENTAL. 2002. Plano de acção Nacional de Combate à seca e à desertificação, 1-88.
- [13]-RELMA in ICRAF & UNEP. 2005. Potential for Rainwater Harvesting in Africa: A GIS Overview. Volume I.
- [14]-RELMA in ICRAF. 2005. Water from ponds, pans and dams: a manual on planning, design, construction and maintenance. Technical handbook No 32.
- [15]-SENTELHAS, P. C.; FOLEGATTI, M. V. 2003. Class A pan coefficients (Kp) to estimate daily reference evapotranspiration (Eto). Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental. V-7. Campina grande.
- [16]-VIANNA, R. C., JUNIOR, C. C. V., & VIANNA, R. M. 2005. Os recursos de água doce no mundo-situação, normatização e perspectiva. Juris, Rio Grande, 11, 247-269.
- [17]-WILLMOTT, C. J. Some comments on the evaluation of model performance. Bulletin of the American Meteorological Society, Lancaster, v.63, n.11, p.1309-1313, 1982.

PROCEEDINGS

CLME2017 / V CEM

8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia
V Congresso de Engenharia de Moçambique
Maputo (Moçambique), 4-8 Setembro 2017

SIMPÓSIO-18

Agronomia e Engenharia Florestal no Âmbito da CPLP

Coordenadores

J.F. Silva Gomes^{1(*)}, Catarina F. Castro^{1(*)}, Carlos C. António^{1(*)} e António S. Matos^{2(*)}

¹Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal

²Faculdade de Engenharia da U. Eduardo Mondlane, Moçambique

ARTIGO REF: 6466

DESENVOLVIMENTO E DEFINIÇÃO DA VIDA ÚTIL DE UM NOVO PRODUTO: CARNE DE PORCO EMBALADA SOB VÁCUO E PRONTA A CONSUMIR

Marta Laranjo¹, Ana Gomes², Maria Eduarda Potes^{1,3}, Maria José Fernandes⁴,
Maria João Fraqueza⁴, Miguel Elias^{1,2 (*)}

¹Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas (ICAAM), Instituto de Investigação e Formação Avançada (IIFA), Universidade de Évora, Pólo da Mitra, Ap. 94, 7006-554 Évora, Portugal

²Departamento de Fitotecnia, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, Pólo da Mitra, Ap. 94, 7006-554 Évora, Portugal

³Departamento de Medicina Veterinária, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, Pólo da Mitra, Ap. 94, 7006-554 Évora, Portugal

⁴CIISA, Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade de Lisboa, Avenida da Universidade Técnica, Pólo Universitário do Alto da Ajuda, 1300-477 Lisbon, Portugal

(*)Email: elias@uevora.pt

RESUMO

Em Portugal existe um produto tradicional, preparado para auto-consumo, designado *Carne do Alguidar*. Na preparação deste produto a carne de porco é seccionada em porções com pesos variáveis, usualmente entre 5 e 15g, temperada, frita e mantida em banha durante vários meses até ao seu consumo. A preservação desta carne por longos períodos de tempo, normalmente superiores a 6 meses, deve-se à acção do efeito térmico da fritura sobre microrganismos e enzimas e às condições de anaerobiose e de ausência de contacto com fontes de contaminação externas, devidas imersão da carne em banha.

O potencial valor comercial da *Carne do Alguidar* resulta de dois aspectos actualmente muito valorizados: ser um produto pronto a consumir e ser um produto tradicional [Stratakos & Koidis, 2015]. Considerando que nos dias de hoje há uma procura grande de produtos prontos a consumir, afigurou-se importante fazer a transferência de uma tecnologia artesanal e empírica para a escala industrial, aplicável tanto a pequenas indústrias, porque o processo é simples, como a indústrias de maior dimensão, com elevada capacidade de produção. Acresce ainda o facto de se estar a abordar um processo que pode ser realizado com outras carnes para além da de porco.

A oxidação é um fenómeno que está sempre associado à indústria das carnes, responsável pela deterioração dos alimentos e encurtamento do seu tempo de vida útil. Deste modo, num produto como a *Carne do Alguidar*, que para além da gordura da carne usa a banha como agente de preservação, é de grande importância a manutenção da qualidade da gordura. A oxidação dos lípidos é afectada pela presença de oxigénio e de outros agentes pró-oxidantes (luz, metais, sais), factores relacionados com as condições do processo de fabrico, pelo que o uso de antioxidantes pode ser incontornável [Kumar *et al.*, 2015]. Os antioxidantes endógenos da carne e da banha jogam um importante papel no retardamento da ocorrência de fenómenos oxidativos [Sacchetti *et al.*, 2008; Serpen *et al.*, 2012], no entanto, algumas estratégias adicionais, como a embalagem sob vácuo, devem ser consideradas para prevenção da deterioração precoce dos produtos cárneos [Min & Ahn, 2015].

O presente estudo foi realizado numa fábrica de produção de charcutaria tradicional Alentejana, localizada no Baixo Alentejo, Portugal, e tem como objectivo a avaliação da

qualidade e o tempo de vida útil de *Carne do Alguidar* produzida numa escala industrial, mantida sob vácuo, a temperatura de refrigeração, considerando o efeito da utilização do antioxidante butylated hydroxytoluene (BHT), para aumento da estabilidade oxidativa.

Porções de carne de porcos híbridos Alentejano x Duroc, frita em banha de porco da raça Alentejana, foram distribuídas em conjuntos de 250g por caixas plásticas que foram acabadas de preencher com banha fundida, com e sem adição de BHT. Uma vez solidificada a banha, cada caixa foi introduzida num filme plástico co-extrudido (poliamida/polietileno) que foi submetido ao vácuo e termosoldado. De seguida as caixas foram mantidas a 4 - 5°C e foram recolhidas amostras para análise aos 0, 3, 6, 12 e 15 meses de conservação. Em cada tempo de amostragem realizaram-se análises físico-químicas (pH, actividade da água, composição centesimal, teste do ácido tiobarbitúrico, índice de peróxidos), microbiológicas (mesófilos totais, anaeróbios totais, psicrotróficos, bactérias do ácido láctico, bolores, leveduras, *Listeria monocytogenes*) e sensoriais.

Os resultados da quase totalidade das análises físico-químicas e os das análises microbiológicas evidenciaram que a qualidade da *Carne do Alguidar* foi mantida durante os 15 meses em que decorreu o estudo. No entanto, os resultados acerca da oxidação lipídica e os da avaliação sensorial indicaram que até aos 12 meses de conservação este produto mantém a estabilidade lipídica e os elevados padrões sensoriais, independentemente da presença de BHT. Assim foi definido como prazo de validade para a *Carne do Alguidar* obtida e mantida nas condições indicadas neste estudo o período de 12 meses, sem necessidade de recurso a nenhum aditivo alimentar.

REFERÊNCIAS

- [1]-Kumar, Y., Yadav, D.N., Ahmad, T. & Narsaiah, K. (2015). Recent Trends in the Use of Natural Antioxidants for Meat and Meat Products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14, 796-812.
- [2]-Min, B. & Ahn, D.U. (2015). Packaging and Storage. In: *Handbook of Fermented Meat and Poultry* (edited by F. Toldrá). Pp. 273-280. Oxford, UK: Wiley Blackwell.
- [3]-Sacchetti, G., Di Mattia, C., Pittia, P. & Martino, G. (2008). Application of a radical scavenging activity test to measure the total antioxidant activity of poultry meat. *Meat Science*, 80, 1081-1085.
- [4]-Serpen, A., Gokmen, V. & Fogliano, V. (2012). Total antioxidant capacities of raw and cooked meats. *Meat Science*, 90, 60-65.
- [5]-Stratakos, A.C. & Koidis, A. (2015). Suitability, efficiency and microbiological safety of novel physical technologies for the processing of ready-to-eat meals, meats and pumpable products. *International Journal of Food Science & Technology*, 50, 1283-1302.

ARTIGO REF: 6732

UTILIZAÇÃO DO VINAGRE COMO CONSERVANTE ALIMENTAR

Maria Eduarda Potes^{1,2(*)}, Joana Véstia², Marta Laranjo², Miguel Elias^{2,3}

¹Departamento de Medicina Veterinária, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora

²Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas, Universidade de Évora

³Departamento de Fitotecnia, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora

(*)Email: mep@uevora.pt

RESUMO

Desde há milhares de anos que o Homem tem desenvolvido técnicas de conservação de alimentos que lhe permitem dispor de géneros alimentícios seguros por períodos de tempo mais ou menos longos, evitando os períodos de escassez (Hammond et al., 2015). Actualmente, a conservação de alimentos é um tema relevante na medida em que pode constituir uma forma de combate à fome e ao desperdício alimentar. Algumas circunstâncias que caracterizam o actual estilo de vida das populações, como o crescimento das cidades e consequente afastamento entre locais de produção e de consumo e a escassez de tempo disponível para a preparação de refeições, tornam a conservação de alimentos objecto de atenção de muitos intervenientes na cadeia alimentar como produtores, transformadores, armazenistas e consumidores. As técnicas de conservação de alimentos baseiam-se, essencialmente, na redução do crescimento microbiano e do desenvolvimento das alterações químicas e, entre elas, contam-se a utilização de temperaturas elevadas (pasteurização e esterilização) ou reduzidas (refrigeração e congelação), a secagem, a desidratação, a liofilização, a fumagem, a adição de solutos (sal, açúcar, óleos), a fermentação e a acidificação. Nos países tropicais, dadas as condições de temperatura e humidade relativa do ar elevadas, a conservação de alimentos depende, geralmente, de um maior consumo energético, geralmente associado à refrigeração, o que os torna mais caros (Hammond et al., 2015). Prevendo-se o aumento do preço da energia, é importante promover a utilização de técnicas eficazes de conservação de alimentos, com baixos gastos energéticos e com possibilidade de serem usadas em larga escala. Com o objectivo de aumentar o período de vida útil dos alimentos, nos países mediterrânicos desde há muito que se usam como conservantes diversas substâncias como o etanol, a salmoura, o azeite e o vinagre (Hammond et al., 2015). São produtos naturais com actividade anti-microbiana e anti-oxidante que podem ser usados com segurança e satisfazem as preferências dos consumidores (Gyawali e Ibrahim, 2014; Hugo e Hugo, 2015). O vinagre é um condimento ácido usado em todo o mundo que pode ser obtido a partir de frutos (por exemplo de uvas, de maçãs) e de grãos de cereais (sorgo e arroz, entre outros). Tem variadas actividades biológicas, como anti-bacteriana e anti-infecciosa, anti-oxidante e de regulação da glicémia e do metabolismo lipídico (Chen et al., 2016). É precisamente devido à actividade anti-microbiana do vinagre que é retardada a deterioração dos alimentos a que é adicionado. Desempenha também um papel importante no controlo do crescimento de alguns microrganismos patogénicos que podem estar presentes nos géneros alimentícios, como por exemplo *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter* e *Norovirus*. Contudo, sendo um condimento ácido, pode ter impacto negativo na cor, no aroma e no sabor dos géneros alimentícios.

O objectivo deste estudo foi avaliar o efeito da adição de vinagre em “Cabeça de Xara” sobre o período de vida útil deste género alimentício. “Cabeça de Xara” é um produto tradicional do

Alentejo, pronto a consumir, fabricado com carne, língua e tecido conjuntivo da cabeça de porco da raça Alentejana. Tem um período de vida útil de cerca de um mês, mantido a uma temperatura próxima dos 5°C.

Durante dois meses, foram estudados três lotes de “Cabeça de Xara”, em duplicado e submetidos a dois tratamentos - controlo (C) e vinagre (V). Antes do embalamento, as fatias de cabeça de xara foram submersas numa solução aquosa de vinagre de vinho branco a 50%. Foram avaliados parâmetros físico-químicos, microbiológicos e sensoriais.

Os valores de pH dos lotes V foram significativamente inferiores aos dos lotes C, reflexo da adição de vinagre. As populações de microrganismos mesófilos, psicrófilos e enterobactérias cresceram significativamente ao longo do tempo e foram superiores nos lotes C, tendo atingido valores superiores a 7 log ufc/g a partir do primeiro mês de conservação, enquanto nos lotes V esses valores só eram atingidos aos 2 meses de conservação e apenas para mesófilos e psicrófilos. O valor 7 log é referido como o valor a partir do qual se considera que já há deterioração (Arganosa et al., 1998). Embora no produto inicial (0 meses de conservação) não tenha sido detectada *L. monocytogenes*, este microrganismo cresceu nos lotes C ao contrário do que aconteceu nos lotes V. *L. monocytogenes* tem distribuição ubiqüitária e representa uma ameaça para a saúde pública, nomeadamente para certos grupos de risco, pelo que o efeito inibidor do vinagre é um aspecto relevante para a segurança dos alimentos. O teor em aminas vasoactivas e o teor total de aminas aumentou ao longo do período de conservação nos lotes C, sendo significativamente maior do que nos lotes V. Estes resultados podem estar relacionados com o facto de o número de microrganismos presente nos lotes C ser superior ao dos lotes V, uma vez que as aminas biogénicas resultam essencialmente da descarboxilação microbiana dos aminoácidos. As provas sensoriais realizadas demonstraram que a presença de cores, aromas e sabores estranhos foram mais perceptíveis nos lotes C. Por outro lado, a intensidade do aroma foi mais valorizada nos lotes V. A apreciação global foi semelhante para ambos os lotes, o que significa que o tratamento com vinagre não comprometeu a sua autenticidade.

Os resultados obtidos neste trabalho indicam que a aplicação de vinagre em “Cabeça de Xara” se traduziu num aumento de cerca de um mês do seu período de vida útil e não comprometeu as suas características organolépticas. Este aditivo é um produto natural, com boa aceitação por parte dos consumidores, de fácil obtenção e aplicação nos produtos. Não representa um aumento relevante no gasto energético associado à conservação do produto pelo que pode ser uma boa alternativa a outras técnicas de conservação de alimentos associadas a consumos energéticos caros.

REFERÊNCIAS

- [1]-Arganosa, G.C., Hendrickson, R.L. & Rao, B.R. Collagen as a lean or fat replacement in pork sausage. *J Food Quality* 10 (1987) 319-333.
- [2]-Chen, H., Chen, T., Giudici, P. & Chen, F. Vinegar Functions on Health: Constituents, Sources and Formation Mechanisms. *Comp Rev Food Sci Food Saf* 15 (2016) 1124- 1138.
- [3]-Gyawali, R. & Ibrahim, S.A. Natural products as antimicrobial agents. *Food Control* 46 (2014) 412-429.
- [4]-Hammond, S.T., et al., Food Spoilage, Storage, and Transport: Implications for a Sustainable Future. *BioScience* 65 (2015) 758- 768.
- [5]-Hugo, C.J. & Hugo, A. Current trends in natural preservatives for fresh sausage products. *Trends Food Sci Tech* 45 (2015) 12-23.

ARTIGO REF: 6811

FLORESTA MEDITERRÂNICA: A INEVITABILIDADE DA MULTIFUNCIONALIDADE

José Mira Potes^(*)

Instituto Politécnico de Santarém, Escola Superior Agrária (ESAS/IPS), Santarém, Portugal

^(*)*Email:* josemirapotes@gmail.com

RESUMO

Acabamos de passar por mais um Verão com mais de 100.000ha de área florestal ardida e as cíclicas (para não dizer anuais) análises, diagnósticos, reflexões, propostas, políticas, estratégias, promessas e enfim, desilusões!

Os sábios ensinamentos do Prof. Mariano Feio (1991) foram muito precisos e concisos: o clima Mediterrânico, caracterizado por um Verão quente, longo e seco e uma queda da precipitação outono/invernal/primaveril muito irregular, é o único clima da Terra onde não chove no Verão. Ainda no âmbito da Mesologia, fomos também alertados para o facto da baixa capacidade de uso dos solos mediterrânicos, não só decorrente deste particular regime climático, como ainda conjugado com o facto de se tratar do “berço” da civilização, isto é, a região da Terra onde há mais tempo se pratica a agricultura de forma sedentária e cada vez mais intensificada/mecanizada, justificando assim nesta associação de condicionantes a fadiga/depauperamento dos actuais solos mediterrânicos.

A caracterização da Floresta Mediterrânica é decorrente deste ambiente específico e de acordo com os nossos mestres silvicultores (Alves et al, 2012) é predominantemente constituída por um estrato arbóreo menos especializado na produção de lenho (madeira), mas evoluído para a resistência à secura, através de epidermes protectoras/isolantes (cortiça), ou redução da evapotranspiração por mecanismos fisiológicos e texturais das folhas permanentes, ou ainda vocacionado para a produção de fruto (bolota), expressando-se claramente tais processos na família das quercíneas, com particular relevo para o Sobreiro e a Azinheira.

Quanto ao estrato arbustivo observam-se plantas de múltiplos caules e bastante lenhificados, com raízes profundantes capazes de encontrar os escarços recursos aquíferos estivais nas camadas mais profundas do solo, folhas com substâncias protectoras e redutoras da evapotranspiração durante o verão, mas de constituição química de natureza inflamável e produtoras de sementes muito duras, que se fazem representar sobretudo na família das cistáceas, com especial expressão em Estevas e Saragaços.

O estrato herbáceo é diminuto, inerente ao desenvolvimento arbóreo e arbustivo e, quando consegue prevalecer, é constituído por plantas anuais de ressementeira natural, que evoluíram no sentido de passar o estio sob a forma de semente, única solução para resistir ao verão quente, longo e seco numa planta que não possui capacidade de armazenamento de reservas para tão longo e irregular período.

Uma conclusão evidente é desde logo extraída desta caracterização do ambiente Mediterrânico: *os incêndios estivais na Floresta Mediterrânica fazem parte da evolução natural da mesma e estão dependentes da carga de combustível presente (matos) e das condições naturais de ignição, decorrentes do rigor do verão (altas temperaturas e reduzida humidade atmosférica).*

Mais, quando ocorre o incêndio é consumida a biomassa arbustiva (podendo ocasionalmente resistir uma ou outra árvore), mas o que também é combustado é a Matéria Orgânica (MO) que reveste o solo, a qual reduz consideravelmente a capacidade produtiva do mesmo, que ao ficar desprotegido irá sofrer da erosão física decorrente das precipitações outono/invernais irregulares, acentuando a respectiva degradação. Resta assim um eventual banco de sementes duras de espécies arbustivas, as quais, num ciclo de desenvolvimento de uma dezena de anos estarão novamente em condições de risco de incêndio.

Perante este quadro natural desenvolveu-se uma agricultura mediterrânica baseada no controlo da flora arbustiva, para contrariar a evolução dos ecossistemas no sentido da autodestruição. Para Potes (2011) estes são os fundamentos da implementação dos sistemas agro-silvo-pastoris mediterrânicos, antropológicos e que tão sabiamente têm prevalecido ao longo dos séculos.

Contudo, o controlo do estrato arbustivo podendo ser efectuado por via mecânica (sistemas de agricultura) ou biológica (sistemas de pecuária extensiva) tem demonstrado que é através do animal que mais eficientemente se mantém a qualidade produtiva do solo. Esta constatação reside na condição *sine qua non* de que não existe animal sem pastagem e vice-versa, sendo a pastagem a via mais eficiente na recuperação do solo, nomeadamente pelos efeitos directos nos incrementos de MO. Porém, o Esquema Alimentar da Pecuária Extensiva Mediterrânica exige a produção forrageira, sobretudo para conservação e garantia de suplementação nas épocas de insuficiência alimentar da pastagem, que praticamente só não ocorre na Primavera.

A conclusão é clara: o produtor florestal mediterrânico teve que evoluir para um agricultor que conjugando a produção florestal, agrícola e animal, implementou um sistema de rotações alargadas, para integração dos diversos sistemas de produção e respectivo manejo, a que se convencionou denominar de *multifuncionalidade*, criando sistemas de produção agro-silvo-pastoris adaptados a cada região, que no caso de Portugal adoptou a denominação de **Montado** e totalmente dependente da acção humana.

REFERÊNCIAS

- [1]-Alves, A.M., Pereira, J.S. e Correia, A.V. 2012. “Silvicultura - a gestão dos ecossistemas florestais” ed. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, ISBN: 978-972-31-1460-7.
- [2]-Feio, M. 1991. “Enquadramento” in “Clima e Agricultura” pub. Minist. Agricult., Pescas e Aliment., Lisboa, cap. II, pp. 17-56.
- [3]-Potes, J. M. 2011. “O Montado no Portugal Mediterrânico” ed. Colibri, Lisboa, ISBN: 978-989-689-154-1, pp. 177-178.

ARTIGO REF: 6856

MAIAS: CONCEITO, METODOLOGIA E PROJECTO

Alfredo Soares-Ferreira^{1(*)}, Joaquim Sabino Domingues², Olga Sobral Castro²,
Joaquim Fernandes Monteiro², Armando Herculano Ferreira¹

¹ENGENHO & OBRA, Associação para o Desenvolvimento e Cooperação (E&O), ISEP, Porto, Portugal

²Instituto Superior Engenharia do Porto (ISEP), Porto, Portugal

(*)*Email*: alfredo.soares.ferreira@engenhoeobra.org

RESUMO

A celebração de um Memorando de Entendimento, assinado em Bissau no ano 2015, entre o Governo da República da Guiné-Bissau e a ENGENHO & OBRA, iniciou um processo de colaboração que originou a apresentação de uma proposta para instalação de duas Unidades Industriais, designadas MAIAS, acrónimo de **M**icro **A**gro**I**ndústrias **A**uto-**S**ustentáveis.

A Organização Mundial da Saúde propõe uma série de medidas que implicam acções dos governos, no sentido de garantir acções de promoção de estilos de vida saudáveis [Burlandy; Bocca; Mattos, 2012]. Sendo que as vertentes Direito, Estado e Social são inseparáveis e significantes da segurança alimentar, assim os direitos à alimentação e à segurança alimentar são sinónimos e elementares dos direitos humanos [Freitas, M.C.; Pena, P., 2007].

O conceito MAIAS é sustentado na necessidade de transformar produtos locais excedentários que possam gerar actividade económica para as populações, para que o rendimento que gera e induz beneficie primordialmente a região onde se insere. Os produtos que são objecto destas Unidades são maioritariamente agrícolas perecíveis de grande consumo, tais como frutas e legumes, os quais são conservados por técnicas que respeitam as regras de HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Point*/Análise de Perigos e Controlo de Pontos Críticos) e saúde alimentar mais rigorosas, para que possam ser comercializados em mercados exigentes. Outros produtos, como o pescado, podem ser conservados pelas mesmas técnicas, servindo as populações costeiras.

A metodologia subjacente a esta iniciativa baseou-se em premissas de investigação e pesquisa, tendo como base primeira o levantamento da situação actual na Guiné-Bissau (GB), trabalho desenvolvido numa ampla parceria entre as Entidades portuguesas e guineenses. Na parte portuguesa, para além de E&O e ISEP (Departamentos de Eng. Mecânica, Electrotécnica, Química e Civil), destaca-se a participação da Escola Superior de Saúde do Politécnico do Porto e da Escola Superior Agrária do Politécnico de Viana do Castelo. Na GB, inclui-se a Secretaria de Estado das Pescas e Economia Marítima e o Ministério da Agricultura, bem como algumas organizações da Sociedade Civil. Durante os anos de 2014 e 2015 foi recolhida informação que, após organizada, permitiu uma interpretação cuidada, com vista a proporcionar uma resposta ao problema, para assim ser possível a apresentação de uma proposta de projecto.

O projecto foi concebido no sentido de prover o fornecimento de uma solução autosustentada e auto-suficiente do ponto de vista energético, para a implementação de duas Unidades MAIAS, uma para Secagem de Peixe e outra para Secagem de Frutos e Legumes. A energia necessária ao seu funcionamento (eléctrica e térmica) é de origem exclusivamente renovável e provida por sistema fotovoltaico próprio e energia térmica de origem solar, podendo ainda recorrer-se à utilização de energia de biomassa como reforço e apoio; a energia eléctrica dos

sistemas de ventilação, captação e tratamento de água, bem como iluminação e frio, usam energia eléctrica de origem fotovoltaica. A sustentabilidade ambiental está ainda assegurada, pelo tratamento dos resíduos gerados nestas actividades, designadamente pelo aproveitamento e valorização dos mesmos, seja através da conversão de resíduos vegetais em fertilizantes, pela conversão de vísceras do pescado em rações animais e ainda, pela produção de adubo líquido, resultante do tratamento das águas residuais, no caso do pescado. A tecnologia, produzida no Departamento de Engenharia Mecânica do ISEP, prevê um processo de conservação por desidratação, realizado em estufas individuais (Fig. 1) o que permite dimensionar o número de estufas de cada unidade e também o número de estufas em funcionamento a cada momento, de acordo com a quantidade de produto a transformar.

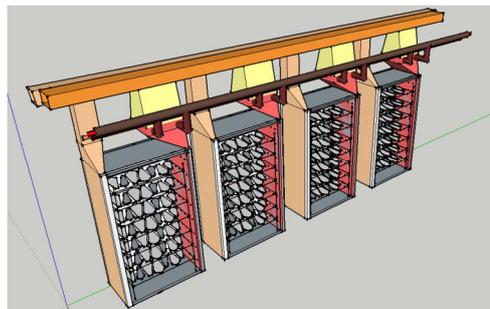


Fig. 1 - Visão aproximada da Bateria de Estufas

Para o processo de desidratação, as Unidades MAIAS aproveitam a energia solar durante o dia para produzir ar quente usado nas estufas, com sistema de regulação automática de temperatura e humidade e acumulam energia térmica em depósito de água, permitindo o funcionamento das estufas em dias de menor insolação e mesmo durante a noite, podendo ser apoiado por sistema de biomassa. A energia eléctrica necessária ao funcionamento das Unidades é de origem fotovoltaica e eólica e por isso renovável, daí resultando não estarem condicionadas pela existência de infra-estruturas de energia eléctrica ou outra, e assim, poderem ser implantadas em qualquer local. Em cada estufa, o ambiente é condicionado. A qualidade, velocidade e temperatura do ar são mantidas sob controlo, e monitorizadas em permanência com registo informático local, com acesso remoto aos dados. Esse registo permite demonstrar para os clientes, a conformidade de todo o processo de desidratação com o procedimento pré-estabelecido para cada produto. A monitorização permite ainda detectar anomalias em tempo real e emitir alertas, as quais dão origem a intervenções atempadas de forma a minimizar/evitar problemas maiores.

Estão em curso processos de exportação deste modelo para S. Tomé e Príncipe e Moçambique.

REFERÊNCIAS

- [1]-Baldé Bubacar, “O Sector Financeiro e as Instituições do Sector Privado na Guiné-Bissau: descrição, constrangimentos e políticas a adoptar”, (2013), 12-15.
- [2]-Banco Central dos Estados da África Ocidental, Agência da Guiné-Bissau, “Evolução dos Recursos e Emprego dos Bancos Comerciais, 2008-2011”, (2012), 41-45.
- [3]-Banco Portugal, Evolução Economias PALOP e Timor Leste 2010/2011, (2011), 57-61.
- [4]-Banco Mundial, “Memorando Económico do País TERRA RANCA! Um Novo Começo Relatório N. 58296-GW Guiné-Bissau”, (2011), 156-164 e 167-180.
- [5]-Burlandy L., Bocca e C., Mattos, R., “Mediations among concepts, knowledge and policies on food, nutrition and food and nutrition security”, (2012), 6-7.
- [6]-Freitas, M.C e Pena, P., “Segurança alimentar e nutricional: a produção do conhecimento com ênfase nos aspectos da cultura”, (2007), 74-75.
- [7]-Fundo Monetário Internacional, “Guiné-Bissau: Segundo Documento de Estratégia Nacional de Redução da Pobreza”, 2011, 25-35 e 75-90.

ARTIGO REF: 6899

UTILIZAÇÃO DE IMPACTO MECÂNICO PARA AVALIAÇÃO DA MATUREZAÇÃO EM MELÃO

Ana Cristina Agulheiro-Santos^{1(*)}, Pilar Barreiro Elorza²

¹Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas (ICAAM), Instituto de Investigação e Formação Avançada (IIFA), Universidade de Évora, Pólo da Mitra, Ap. 94, 7006-554 Évora, Portugal

²Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Departamento: Ingeniería Agroforestal, c/ Hermosilla 86, 2 E, 28001 Madrid, Spain

(*)*Email*: acsantos@uevora.pt

RESUMO

O recurso a métodos reológicos para o estudo de frutos permite encontrar, por vezes, soluções objectivas, expeditas e não destrutivas para avaliação da sua maturação e qualidade. É sabido que a avaliação da qualidade/maturação em melão reveste-se de grande dificuldade, sendo empiricamente realizada com recurso a avaliação da textura. Este trabalho incide sobre uma variedade de melão reticulado tipo Gália, um dos tipos com grande interesse comercial, tendo como objectivo o conhecimento das características reológicas destes frutos com diferentes tempos de maturação, quando conservados em frio, a fim de determinar o estado óptimo de maturação à colheita para conservação pelo frio, tendo em conta os resultados da avaliação sensorial. O delineamento do ensaio correspondeu a um desenho factorial com dois factores: o estado de maturação (3 estados de maturação) e o período de tempo sob conservação pelo frio (7 datas até aos 31 dias). Foram colhidos frutos provenientes de flores previamente marcadas com a data de antese, sendo assim possível saber com rigor o tempo transcorrido entre a antese e a colheita (designado como DAA: dias após a antese). Os estados de maturação foram: frutos completamente maduros com 41 dias entre a antese e a colheita - 41 DAA; frutos quase maduros com 34 dias entre a antese e a colheita - 34 DAA; frutos não maduros com 28 dias entre a antese e a colheita - 28 DAA. Foram feitas avaliações com os seguintes tempos de conservação: 0, 3, 8, 15, 21, 27 e 31 dias após a entrada nas câmaras a 6°C e 90% humidade relativa.

Os métodos de avaliação utilizados foram fundamentalmente de carácter reológico, sendo de destacar o impacto mecânico, os testes de penetração de Magness-Taylor, punção e compressão. Para a realização dos impactos utilizou-se um “Dispositivo Geral de Impacto Mecânico” patenteado pela Universidade de Davis, EUA, em colaboração com a ETSIA da Universidade Politécnica de Madrid, Espanha, sendo utilizado como “software” o programa “Impacto” e “Datos”. Todos os frutos ensaiados foram sujeitos a dois impactos na sua zona equatorial. Foi utilizado um só nível de carga, previamente determinado e assegurando que não era ultrapassado o ponto de ruptura dos tecidos. A altura de queda da esfera impactante foi de 12cm e esta esfera tinha um peso de 47,292g. Os parâmetros calculados foram: Força Máxima de Impacto (N), Deformação Máxima do fruto (mm), Duração Total do Impacto (ms), Energia Absorvida por fruto no Impacto (mjul), Deformação Permanente do fruto (mm).

Para a realização do teste de compressão usou-se uma esfera de 30mm de diâmetro, sendo medida a força a 3mm. Para o teste de punção do epicarpo e exocarpo, utilizou-se uma sonda cilíndrica com 0,5mm de diâmetro sendo conduzido até 8mm de deformação; neste teste foram registados os valores de força máxima, deformação, e avaliada a força estável após a ruptura do exocarpo. Para a realização do teste de penetração segundo Magness-Taylor foi

usada uma sonda de 7,9mm de diâmetro, e este teste foi levado a cabo no mesocarpo dos frutos, a 1,5cm da sua superfície, até 8mm de deformação; os valores medidos foram força máxima de penetração, deformação para força máxima, força a 3mm e força a 8mm.

Em cada data de análise foram realizadas outras observações de carácter físico: diâmetro, comprimento, peso, perda de peso, volume, espessura da polpa. Para além destas foi realizada avaliação sensorial com recurso a um painel de provadores e a uma ficha para definição do perfil descritivo quantitativo dos frutos. Foram também avaliados os sólidos solúveis totais (SST) por refractometria.

A análise estatística foi realizada mediante análise de variância (ANOVA) e foi também usada a análise factorial pelo método dos Componentes Principais, designado por ACP. A ANOVA permitiu verificar que alguns parâmetros mecânicos estão relacionados com o estado de maturação à colheita: força máxima de punção e força estável de punção, ambas obtidas através do teste de punção efectuado no epicarpo e exocarpo dos frutos. A interacção entre os dois factores “Tempo de Conservação” e “Estado de Maturação” apresentou-se altamente significativa para alguns dos parâmetros mecânicos: força máxima de impacto, tempo de impacto, firmeza de Magness-Taylor, força a 8 mm de Magness-Taylor e força a 3mm de Compressão, logo indicam um comportamento diferente durante a conservação devido aos diferentes estados de maturação.

A Análise de Componentes Principais teve em conta uma “pool” de 14 parâmetros mecânicos, físicos e químicos. O primeiro eixo da análise de Componentes Principais explica 43% da variância total e é composto por testes mecânicos como força máxima e deformação máxima de impacto, tempo total de impacto, deformação máxima de punção, força a 3mm em compressão e o parâmetro físico perda de peso. Todos os parâmetros evidenciam uma elevada correlação entre si. Este factor diz respeito às alterações que ocorreram durante a conservação em frio. O segundo eixo dos Componentes Principais, explica 24% da variância total, parece estar relacionado com a maturação dos frutos à colheita e apresenta-se marcadamente independente dos parâmetros constituintes do primeiro eixo das Componentes Principais. Os valores de SST estão relacionados com o segundo eixo, e os seus valores aumentam com o número de dias transcorridos entre a antese e a colheita, e depois durante a conservação mantêm-se bastante constantes. Os SST, conjuntamente ao teste de punção, são adequados para definir os estados de maturação quando da colheita. Contudo outros testes como o de impacto mecânico e compressão, com carácter não destrutivo, permitem segregar à colheita os melões mais maduros (41 DAA) quando comparados com os outros estados de maturação (34 e 28 DAA) e simultaneamente acompanhar as alterações que ocorrem durante a conservação. Os valores umbral a considerar são: força máxima de impacto, com valores de 55N ou superiores, para frutos imaturos, *versus* 45N, ou valores inferiores, para frutos que já atingiram a maturação comercial, e o tempo total de impacto com valores inferiores ou iguais a 4ms para os frutos imaturos e superiores ou iguais a 5ms para os frutos maduros.

A evolução da textura ao longo do tempo de conservação exhibe um comportamento sigmoidal para os três distintos estados de maturação. O grupo menos maduro, 28 DAA, é aquele que apresenta a pior evolução em câmara de frio, se comparado com os outros dois grupos 34 e 41 DAA.

Na avaliação sensorial a classificação geral foi muito influenciada pelos valores de SST, sendo as propriedades mecânicas importantes na decisão do nível de qualidade quando os valores de SST eram muito baixos. Os estados de maturação mais avançados, referidos como 34 e 41 DAA, revelaram-se os mais adequados no que diz respeito à qualidade sensorial, atingindo valores de 75 e 84 respectivamente, numa escala de 0 a 100, o que pode ser relevante para a aceitação dos frutos pelo consumidor.

ARTIGO REF: 7011

PRODUTIVIDADE DA ÁGUA DA CULTURA DO MILHO (*ZEA MAYS*) NO REGADIO 25 DE SETEMBRO, DISTRITO DE BOANE, PROVÍNCIA DE MAPUTO, MOÇAMBIQUE

Wilson de Sousa^{1(*)}, Paiva Munguambe²,

¹Instituto Nacional de Irrigação, Ministério da Agricultura e Segurança Alimentar,
Eng. Agrónomo - Maputo, Mocambique

²Instituto Nacional de Irrigação, Ministério da Agricultura e Segurança Alimentar,
Director-Geral - Maputo, Mocambique

(*)*Email*: wilsondesousa@live.com, wilsondesousa@inir.gov.mz

RESUMO

Em Moçambique a agricultura é a base do desenvolvimento, sendo praticada por cerca de 95% da população rural em sistemas familiares de baixo nível de investimentos em regime de sequeiro e irrigada. Uma das principais visões do Governo de Moçambique é tornar a agricultura numa actividade de rendimento, capaz de gerar renda e outros benefícios sociais as populações que dela dependem. Contudo, para a concretização deste objectivo, há que apostar no desenvolvimento de sistemas de irrigação e de drenagem e outras infra-estruturas de gestão de água ao longo de todo o país, visando uma melhor racionalização e uso sustentável da água na agricultura.

Moçambique possui cerca de três (03) milhões de hectares potencialmente irrigáveis, dos quais aproximadamente 181.000 ha estão infra-estruturados e destes, apenas 90.000 ha estão actualmente em uso [MASA/INIR, 2016]. Uma das principais culturas produzidas é o milho, considerada como alimentar básica e ocupa cerca de 1/3 de toda a área cultivada [Mudema *et al*, 2012].

O aumento das áreas irrigáveis não significa necessariamente o incremento da produção e produtividade, entretanto, um passo relevante para que os produtores reduzam a dependência relativamente as chuvas. Poucos estudos foram até então desenvolvidos em Moçambique, com vista a determinar a produtividade de água e rega das culturas em sistemas irrigados, sendo que o presente trabalho surge como forma de minimizar esta lacuna e despoletar o interesse por esta área.

O trabalho é resultado de dois (02) anos contínuos de monitoria da quantidade de água de rega e fertilizantes aplicados, com recurso aos *Wetting Front Detector* e *Chameleon*, dispositivos em inovados e desenvolvidos com o apoio do Projecto ACIAR - FSC/2013/006, visando a determinação da produtividade de água da cultura do milho (ocupa 74% durante a época seca e 86% na época chuvosa) no regadio 25 de Setembro, que se localiza no distrito de Boane cobrindo uma extensão de 40 hectares e beneficiando a cerca de 38 produtores [de Sousa *et al*, 2016].

Os resultados preliminares mostram que a produtividade média da água da cultura ronda os cerca de 40 kg/m³, de maçaroca, o que significa um aumento em cerca de 20,3% durante o período em referência. Os resultados mostram ainda que um melhor controlo da quantidade de água aplicada e intervalo de rega podem reduzir em 50% os custos de aquisição de insumos

como combustível para a rega e agro-químicos com ênfase para os fertilizantes. Contudo, embora os resultados sejam encorajadores para os produtores, o rendimento da cultura do milho ainda continua baixo, devendo deste modo associar estas técnicas às boas práticas agrícolas

REFERÊNCIAS

[1]-João Mudema, Rogério Sitole, Gilead Mlay (2012), Rentabilidade da cultura do milho na zona sul de Moçambique: Estudo de caso do distrito de Boane.

[2]-MINAG/INIR (2016), Programa acional de Irrigação, Maputo.

[3]-Wilson de Sousa, Raphaelle Ducrot, Paiva Munguambe, Henning Bjornlund, Andre Machava, Etevaldo Cheveia and Joaquim Faduco (2016), Irrigation and crop diversification in the 25 de Setembro irrigation scheme, Mozambique, International Journal of Water Resources Development, DOI: 10.1080/07900627.2016.1262246.

ARTIGO REF: 7017

AVALIAÇÃO DOS OPERADORES FLORESTAIS EM MOÇAMBIQUE: CONCESSÕES FLORESTAIS E LICENÇAS SIMPLES

Adolfo Dinis Bila^(*), Andrade Egas, Ivan Remane

Universida Eduardo Mondlane - Maputo, Moçambique

^(*)*Email: adolfo.bila@gmail.com*

RESUMO

Em Moçambique as florestas são de especial importância para a vida social, económica e ambiental das comunidades locais, população urbana e a sociedade em geral. Fornecem lenha e carvão para confecção de alimentos e aquecimento, materiais de construção, plantas medicinais, forragem para o gado, alimentos diversos, dentre hortícolas nativas, frutos silvestres, carne de caça e mel; são ainda uma importante fonte de matéria-prima para a indústria de madeira, constituída de espécies nativas valiosas, apreciadas tanto no mercado interno e como externo (MADER 1997)

A exploração florestal pode ser feita em regime de licenças simples (LS) ou em regime de concessão florestal (CF). O regime de concessões florestais, ao contrário das licenças simples, potencia a conservação e o uso sustentável das florestas, uma vez que o operador permanece na área por um longo período, o que é favorável a rentabilização dos investimentos feitos no estabelecimento da indústria florestal, na protecção e manejo da floresta (Sitoe e Bila 2006)

As florestas do país estão ameaçadas, não só pela exploração de madeira, mas também pela extracção de biomassa para fins energéticos, agricultura itinerante e as queimadas descontroladas, e medidas concretas devem ser tomadas para reverter a situação, assegurar a protecção, conservação e o uso sustentável deste valioso recurso (Marizoli 2007). Assim, em Novembro de 2015, o Governo decidiu a monitoria e avaliação de operadores florestais, com objectivo de conhecer o universo de operadores em regime de LS e CF, verificar o cumprimento das normas de exploração florestal e propor medidas correctivas, em função da gravidade das situações encontradas no terreno.

O trabalho foi dirigido pela Direcção Nacional de Florestas (DINAF) e contou com participação da WWF, UEM, operadores florestais, ONGs e Mídias locais das diferentes províncias do país. O estudo foi feito com base no instrumento de avaliação, desenvolvido pela UEM em 2013, incluía 30 e 31 critérios de avaliação para LS e CF, respectivamente (UEM 2013). Os critérios foram alinhados em seis grupos: (i) documentação básica do operador, (ii) tramitação da área de exploração (iii) tramitação da licença de exploração (iv) exploração florestal (v) comunidades locais e (vi) reflorestamento.

Neste levantamento foram apurados, 1.081 operadores, dos quais 905, ou seja, 84%, foram avaliados. Dos 905 operadores avaliados, 741 (82%) são operadores em regime de LS e os restantes 165 (18%) são operadores em regime de CF, numa proporção de 4:1, isto é, para cada 4 licenças simples existe 1 concessão florestal. O número real de operadores florestais pode ser maior do apurado nesta avaliação. Há casos de: (i) Operadores florestais com contrato com o Governo mas não têm ainda licença de exploração; (ii) Operadores paralisados que não foram avaliados; (iii) Operadores com licenças falsas e; (iv) Processos de concessões e de licenças simples em fase adiantada de tramitação que podem ser aprovados.

A pontuação geral (Figura 1), atingida pelos operadores em regime de CF foi de 74 %. A pontuação geral alcançada pelos operadores de LS foi de 70 %. Os grupos de critérios com menor pontuação, nos dois regimes de exploração, foram: Tramitação de Licença, Exploração Florestal e Reflorestamento. Comunidades locais apresentaram baixa pontuação apenas nas licenças simples. O sector deve prestar atenção especial as seguintes áreas: (i) Tramitação processual (organização e modernização da administração florestal incluindo o uso de TICs, organização dos operadores, cumprimento da Lei e transparência no licenciamento florestal, etc.); (ii) Exploração Florestal (cumprimento dos planos de manejo e das normas de exploração, espécies exploradas e cumprimento dos diâmetros mínimos de corte, monitoria de operações florestais e fiscalização no interior da florestal, etc.); (iii) Comunidades Locais (melhorar o processo de consultas comunitárias, acesso aos recursos em áreas de LS e CF, canalização e utilização dos 20% etc.) e; (iv) Reflorestamento nas áreas concessionadas e das LS.

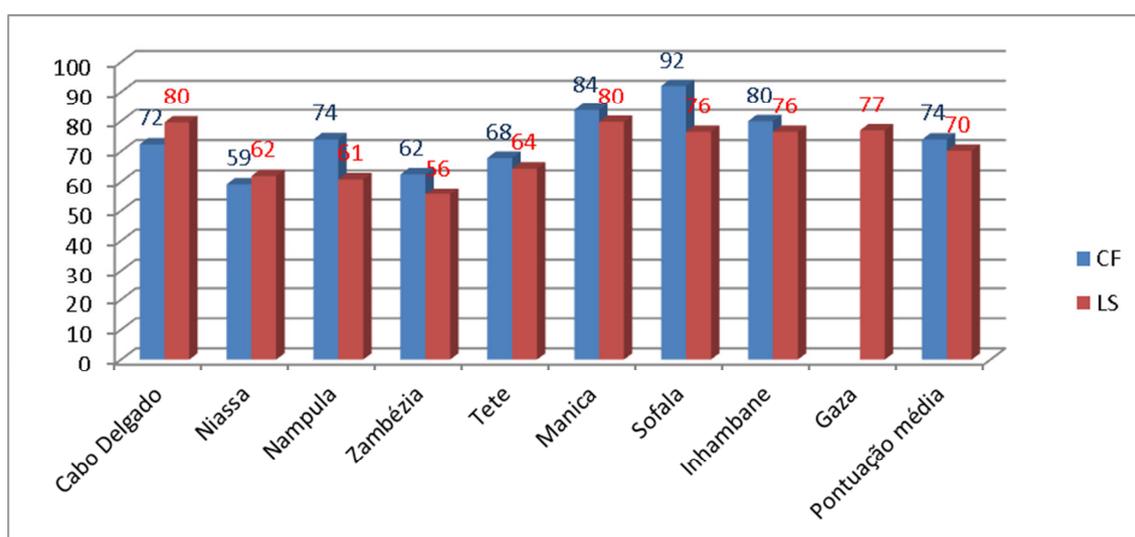


Fig. 1 - Pontuação global e média de operadores que operaram em 2015, em regime de CF e LS por província

REFERÊNCIAS

- [1]-Marizoli, A. 2007. Relatório do Inventário Florestal Nacional. DINAF. Maputo.
- [2]-Ministerio de Agricultura e Desenvolvimento Rural (MADER) 1997. Política e Estratégia de Desenvolvimento de Florestas e Fauna Bravia. Resolução do Conselho de Ministros nº 8/97 de 1 de Abril.
- [3]-Sitoe, A. e Bila, A.D. 2006. Manual para a elaboração e implementação do plano de manejo da concessão florestal. DNFFB. Maputo. 80p.
- [4]-UEM 2013. Avaliação do desempenho de concessões florestais em Moçambique. UEM. Maputo. 68p.

PROCEEDINGS

CLME2017 / V CEM

8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia
V Congresso de Engenharia de Moçambique
Maputo (Moçambique), 4-8 Setembro 2017

SIMPÓSIO-20

Engenharia Geológica e Minas no Âmbito da CPLP

Coordenadores

Carlos Caxaria^{1(*)}, Joaquim Góis^{1,2(*)} e Miguel Tato Diogo^{2(*)}

¹Ordem dos Engenheiros de Portugal, Lisboa, Portugal

²Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal

^(*)Editores Associados para os artigos deste Simpósio

ARTIGO REF: 6883

UM PERFIL SÓCIO-PROFISSIONAL DOS ENGENHEIROS DE MINAS DA FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Joaquim Góis^{1,3}(*), Alexandre Leite^{1,3}, Miguel Tato Diogo^{1,3}, Teresa Lajinha^{2,3}

¹Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Departamento de Engenharia de Minas - Porto, Portugal

²Universidade Fernando Pessoa, Faculdade de Ciências e Tecnologia - Porto, Portugal

³Centro de Recursos Naturais e Ambiente - CERENA

(*)Email: jgois@fe.up.pt

RESUMO

Os primórdios do ensino da Engenharia de Minas na cidade do Porto remetem-nos para os finais do século XIX quando, na então Academia Politécnica do Porto e fruto de uma reforma introduzida pela Carta de Lei de 21 de julho de 1885, é formalmente criado o Curso de Engenharia de Minas e com ele a primeira organização administrativa e pedagógica civil do ensino da Engenharia de Minas em Portugal. Essa Carta de Lei fixava a duração do Curso em seis anos, sendo quatro de preparação e dois de aplicação, facto que realça a importância dada, já na altura, às componentes teórica e prática da formação dos Engenheiros de Minas.

Após a implantação da República em Portugal (1910) e a criação da Universidade do Porto (UP) em 1911, a Academia Politécnica transforma-se na Faculdade de Ciências, que englobava na altura a chamada Escola de Engenharia. Com a Lei nº 410 de 1915, esta Escola é convertida em Faculdade Técnica, adquirindo autonomia. Esta mesma Lei determinou a divisão dos Cursos de Engenharia em Civil, Minas, Mecânica, Electrotécnica e Químico-Industrial. Deste modo é comumente associado ao ano de 1915, a recriação do Curso de Engenharia de Minas, agora na Faculdade Técnica da Faculdade de Ciências da UP. O decreto nº 18739 de 26 de julho de 1930 fixa a organização dos referidos cursos, constituindo desde então a denominada Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) [DEM, 2016].

O Curso de Engenharia de Minas constitui, assim, uma das mais antigas Licenciaturas da UP (o mais antigo curso da FEUP), com uma história, de mais de cem anos, no ensino e formação de Engenheiros de Minas em Portugal.

Com base nos resultados obtidos a partir de um inquérito *online* (100 inquiridos validados, numa população estimada de 500 Engenheiros de Minas formados nos últimos 60 anos), procurou-se analisar as dimensões: social, profissional e ao nível da formação dos Engenheiros de Minas graduados pela FEUP. A informação proveniente dos questionários foi objeto de um tratamento estatístico descritivo, tendo-se igualmente recorrido à aplicação da Análise Fatorial das Correspondências Binárias (técnica no âmbito da estatística multivariada) com o propósito de evidenciar as estruturas relacionais fortes entre as diferentes variáveis em estudo [Garcia-Pereira, 1987]. O inquérito efectuado é composto por um total de 24 questões (diferentes variáveis/dimensões em análise), desdobráveis em 7 dezenas de possibilidades de resposta (modalidades mutuamente exclusivas dentro de cada variável - colunas da matriz de input com a informação de partida), tendo-se obtido 100 respostas válidas (linhas da matriz inicial de input).

Os resultados obtidos evidenciam, para as diferentes dimensões analisadas, vários episódios claramente identificáveis no tempo e no espaço nomeadamente, o antes e o após o 25 de Abril de 1974, a mudança da FEUP para as novas instalações na Asprela e as recentes vagas de emigração dos profissionais de engenharia.

Para além da caracterização socioprofissional geral dos Engenheiros de Minas da FEUP, o estudo agora iniciado permite, não só aferir acerca da qualidade/adaptabilidade da formação prestada na instituição, mas também identificar, face aos desafios colocados pelo mercado de trabalho e pelos novos paradigmas do desenvolvimento sustentado, as necessidades formativa especiais e a sua implicação na alteração dos *curricula* escolares.

A Figura 1 ilustra, a título de exemplo [Góis, 2016], alguns dos resultados obtidos, em particular, as respostas a duas das questões do inquérito: “...No momento actual qual a sua situação profissional?...”; “...Após a conclusão do curso em que área do conhecimento sentiu necessidade de uma formação complementar? ...”.

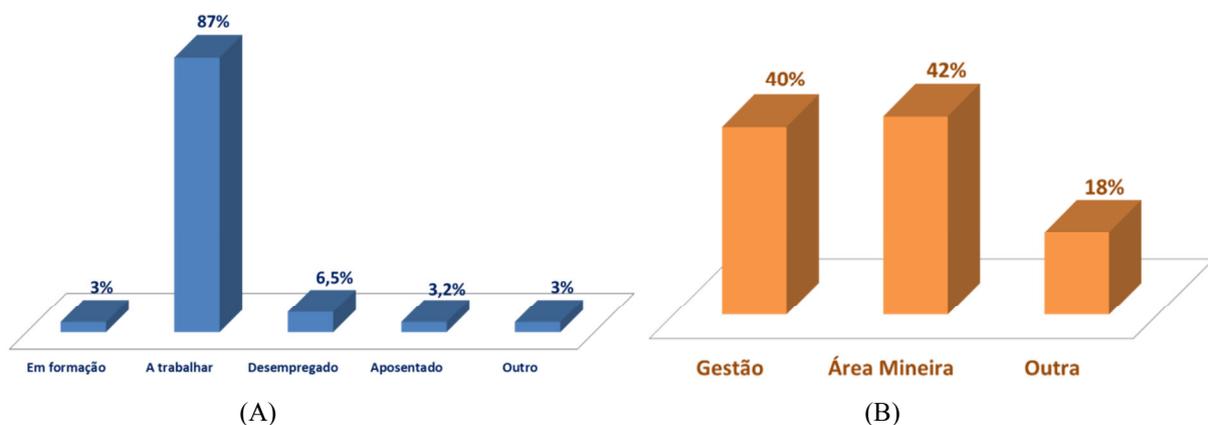


Fig. 1 - Atual situação laboral (A). Necessidade de uma pós-graduação (área do conhecimento) após a conclusão do curso (B).

Procura-se igualmente confrontar o perfil socioprofissional, agora esboçado, do Engenheiro de Minas da FEUP, com o análogo de outras instituições nacionais e/ou estrangeiras, dando-se particular ênfase aos profissionais desta área provenientes da CPLP.

REFERÊNCIAS

- [1]-DEM - link do Departamento de Engenharia de Minas da FEUP, consultado em 22/12/2016. <https://paginas.fe.up.pt/~deminas/index.php/apresentacao/historia>.
- [2]-Garcia-Pereira, H., Tratamento informático de questionários: o ponto de vista da análise factorial das correspondências, *Análise Social*, vol. XXIII (98), 1987-4.º, 733-746.
- [3]-Góis, J., As "Vidas" Profissionais do Engenheiro de Minas da FEUP, comunicação à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto na Comemorações do dia de Santa Bárbara (2016).

ARTIGO REF: 6889

AS ORDENS DOS ENGENHEIROS E OS ATOS DE ENGENHARIA DE MINAS NO ÂMBITO DA CPLP

Teresa Lajinha^{1,3(*)}, Miguel Diogo^{2,3}, Alexandre Leite^{2,3} Joaquim Góis^{2,3}

¹Universidade Fernando Pessoa, Faculdade de Ciências e Tecnologia - Porto, Portugal

²Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Departamento de Engenharia de Minas - Porto, Portugal

³Centro de Recursos Naturais e Ambiente - CERENA

(*)*Email:* tlajinha@ufp.edu.pt

RESUMO

A Ordem dos Engenheiros em Portugal foi criada em 1936, pelo Decreto N.º 27:288, como sendo uma associação que representava os licenciados em engenharia e que resultou dos princípios e regras gerais de organização profissional existentes à data, que previam que as profissões livres se organizassem em Sindicatos Nacionais e que os Sindicatos Nacionais dos advogados, dos médicos e dos engenheiros adotassem a denominação de Ordens. [Decreto-lei n.º 27:288].

A constituição das Ordens profissionais em Portugal assenta em princípios que determinam a filiação obrigatória, por se considerar que os seus principais objetivos só desta forma se podem alcançar e compreender, com a obrigatoriedade de filiação de todos os que exercem uma mesma profissão. Com a criação da Ordem dos Engenheiros ficavam salvaguardados os aspetos disciplinares, de responsabilidade moral, técnica e científica de uma profissão com elevada importância social. Assim, à data da sua criação, a Ordem dos Engenheiros ficou constituída por todos os indivíduos habilitados legalmente ao exercício da profissão de engenheiro das especialidades de Engenharia Civil, Electrotécnica, Mecânica, Químico-industrial e de Minas que se deveriam obrigatoriamente inscrever, sendo essas inscrições efetuadas pela própria Ordem em face aos elementos que eram fornecidos pelas escolas nacionais de engenharia ou pelos interessados, existindo a categoria de membro efetivo (com nacionalidade portuguesa) e a categoria de membro agregado (com nacionalidade estrangeira) [Decreto-lei n.º 27:288]. Atualmente, a Ordem é estruturada de acordo com as seguintes especialidades: Engenharia Civil; Eletrotécnica; Mecânica; Geológica e de Minas; Química e Biológica; Naval; Geográfica; Agronómica; Florestal; de Materiais; Informática; do Ambiente [Lei n.º 123/2015].

A base da regulamentação técnica existente na Comunidade dos Países de Língua Portuguesa (CPLP) no que se refere às Ordens dos profissionais de Engenharia foi produzida por Portugal. Em encontro ocorrido em 2004 entre os dirigentes da Ordem dos Engenheiros portugueses e os seus homólogos de Angola, Cabo Verde e Moçambique, analisou-se o contributo que estas associações profissionais podem prestar no sentido de assegurar que as intervenções técnicas ao nível dos atos de engenharia sejam exercidas pelos engenheiros inscritos nas associações profissionais dos respetivos países. Atualmente vigoram protocolos celebrados entre a Ordem dos Engenheiros Portugueses (OEP) e a Ordem dos Engenheiros de Moçambique (2004), a OEP e a Ordem dos Engenheiros de Angola (2006), a OEP e a Ordem dos Engenheiros de Cabo Verde (2015) que, entre outros objetivos de cooperação, visam o reconhecimento mútuo do título de Engenheiro para perfis académicos de formação equivalente. Também foi celebrado um protocolo entre a OEP e a sua congénere no Brasil

(2015), Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA), visando a reciprocidade de reconhecimento de título profissional [Ordem dos Engenheiros].

Apesar da cooperação entre as Ordens dos Engenheiros dos vários países, no que diz respeito à Engenharia de Minas (ou equivalente) existem diferenças na CPLP relativamente à designação do título profissional nesse domínio da engenharia e à regulamentação dos respetivos atos profissionais. A título de exemplo, de acordo com o Estatuto da Ordem dos Engenheiros, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 119/92, de 30 de junho, a atual designação em Portugal para a especialidade associada ao título de Engenheiro de Minas é Engenharia Geológica e de Minas (Artigo 54.º), em Moçambique, é Engenharia de Minas e Geotécnica [Ordem dos Engenheiros de Moçambique, Artigo 27.º dos Estatutos].

Os atos profissionais em engenharia são regulados, em Portugal, pelo Regulamento n.º 420/2015, Atos de Engenharia por Especialidade da Ordem dos Engenheiros, e para Engenharia Geológica e Minas estão distribuídos por 9 domínios. No Brasil esses atos são regulados pela CONFEA e organizados em áreas de atuação, atividades profissionais e atribuições [CONFEA]. Em São Tomé e Príncipe os atos de engenharia são ainda omissos.

Cientes destas diferenças e entendendo a necessidade de uma aproximação de competências e designações que facilitem o intercâmbio dos profissionais com formação em Engenharia Geológica e de Minas no seio da CPLP e considerando que a regulamentação relativa à qualificação profissional é ainda embrionária em alguns dos países desta comunidade, procura-se com este trabalho estabelecer uma análise comparativa no domínio da Engenharia Geológica e de Minas entre os títulos e os atos legalmente equivalentes para a CPLP.

REFERÊNCIAS

- [1]-Decreto-lei n.º 27:288 de 24 de Novembro da Presidência do Conselho. Diário do Governo: I Série, N.º 276 (1936).
- [2]-Decreto-Lei n.º 119/92 de 30 de junho do Ministério do Planeamento e da Administração do Território. Aprova os Estatutos da Ordem dos Engenheiros. Diário da República, I Série - A, N.º 148 (1992).
- [3]-Regulamento n.º 420/2015 de 20 de julho da Ordem dos Engenheiros. Atos de Engenharia por Especialidade da Ordem dos Engenheiros. Diário da República, II Série, N.º 139 (2015).
- [4]-Lei n.º 123/2015 de 2 de setembro da Assembleia da República. Primeira alteração ao Estatuto da Ordem dos Engenheiros. Diário da República, I Série, N.º 171 (2015).
- [5]-Ordem dos Engenheiros. Sítio na internet da Ordem dos Engenheiros de Portugal. Disponível em <http://www.ordemengenheiros.pt/pt/a-ordem/area-internacional/protocolos-internacionais/>.
- [6]-CONFEA - Conselho Federal de Engenharia e Agronomia. Disponível em <http://normativos.confea.org.br/ementas/visualiza.asp?idEmenta=52470>.
- [7]-Ordem dos Engenheiros de Moçambique. Estatutos. Disponível em http://www.ordeng.org.mz/pdf/estatutos_da_ordem.pdf.

ARTIGO REF: 6909

ATOS DE ENGENHARIA GEOLÓGICA E DE MINAS. REFLEXÃO NO QUADRO LEGAL PORTUGUÊS

Miguel Tato Diogo^{1,3(*)}, Joaquim Góis^{1,3}, Alexandre Leite^{1,3}, Teresa Lajinha^{2,3}

¹Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Dep. de Engenharia de Minas, Porto, Portugal

²Universidade Fernando Pessoa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Porto, Portugal

³Centro de Recursos Naturais e Ambiente - CERENA

(*)*Email*: tatodiogo@fe.up.pt

RESUMO

O Regulamento n.º 420/2015 de 20 de julho publica os Atos de Engenharia por Especialidade da Ordem dos Engenheiros, tendo sido aprovado em Conselho Diretivo Nacional de 16 de junho de 2015. Conforme estabelecido no seu artigo 1.º, importa articular os referidos Atos de Engenharia com o disposto na legislação europeia aplicável e nos diplomas legais e regulamentares dimanado da Assembleia da República ou do Governo, que tratem da mesma matéria.

O mesmo artigo identifica os atos de engenharia, por especialidade, passíveis de serem exercidos por membros da Ordem dos Engenheiros, tal como constam do anexo ao Regulamento. No âmbito das diversas especialidades, está incluída a (Engenharia) Geológica e de Minas.

O quadro legal da indústria extrativa, de um modo geral, está vertido na Lei n.º 54/2015 de 22 de junho, que publica as bases do regime jurídico da revelação e do aproveitamento dos recursos geológicos existentes no território nacional, incluindo os localizados no espaço marítimo nacional. Exceção feita para as ocorrências de hidrocarbonetos que são objeto de diploma próprio.

Tomando como base as áreas principais incluídas no referido anexo do Regulamento da Ordem dos Engenheiros relativas à especialidade Geológica e de Minas, tendo em conta que âmbito dos atos de engenharia não se confina nem se esgota no edifício jurídico da indústria extrativa, importa por via do enquadramento do exercício da atividade profissional a sua análise.

No domínio das “Águas Subterrâneas e Recursos Hidrominerais”, integram-se os seguintes regulamentos: i) Decreto-Lei n.º 84/90 de 16 de março, que aprova o regulamento de exploração das águas de nascente; ii) Decreto-Lei n.º 85/90 de 16 de março, que aprova o regulamento das águas mineroindustriais e iii) Decreto-Lei n.º 86/90 de 16 de março que se aplica ao aproveitamento de águas minerais naturais.

No âmbito da “Extração e Beneficiação de Recursos Minerais” e “Sondagens e Prospecção Geofísica”, a remissão encontra o Decreto-Lei n.º 88/90 de 16 de março que aprova o regulamento de depósitos minerais (minas) e o Decreto-Lei n.º 340/2007 de 12 de outubro, que altera o Decreto-Lei n.º 270/2001, de 6 de Outubro e que aprova o regime jurídico da pesquisa e exploração de massas minerais (pedreiras).

De igual modo, verifica interface legal no domínio do “Petróleo, Gás Natural e Geotermia” com o Decreto-Lei n.º 109/94 de 26 de abril, que estabelece o regime jurídico das atividades

de prospeção, pesquisa e produção de petróleo, bem como o Decreto-Lei n.º 87/90 de 16 de março que aprova o regulamento dos recursos geotérmicos.

Sem prejuízo das demais áreas identificadas, “Obras Geotécnicas”, “Emprego de Substâncias Explosivas em Escavações e Demolições” com o recente publicado Decreto-Lei n.º 9/2017 de 10 de janeiro (*assegurando que os explosivos e munições colocados no mercado cumprem os requisitos essenciais de segurança de forma a proporcionar um elevado nível de proteção da saúde, segurança e outros interesses públicos, garantindo simultaneamente a livre circulação dos explosivos e assegurando o funcionamento do mercado interno.*) e ainda “Investigação, Ensino e Normalização”, “Manutenção e Gestão de Ativos” e de um modo geral “Outras Atividades Técnicas Relacionadas com o Meio Geológico”, a reflexão surge oportuna no cruzamento do âmbito legal.

Exemplo ilustrativo dessa integração encontra-se explanado na Tabela 1 relativo à “2.2.3-Direção técnica na exploração de quaisquer recursos minerais”.

Tabela 1 - Direção técnica na exploração de quaisquer recursos minerais.

Regulamento n.º 420/2015	Decreto-Lei n.º 88/90 depósitos minerais	Decreto-Lei n.º 340/2007 massas minerais
Atos de Engenharia Geológica e de Minas 2.2.3 — Direção técnica na exploração de quaisquer recursos minerais.	Artigo 29.º 1 - A exploração não poderá ser realizada sem que a dirija pessoa tecnicamente idónea, a qual, para efeitos legais, será denominada «director técnico». 2 - As funções de director técnico apenas poderão ser desempenhadas por quem preencha os seguintes requisitos: a) Possua diploma de curso do ensino superior politécnico ou equivalente, de especialidade adequada, podendo a Direcção-Geral, no caso de exploração de grande importância ou complexidade técnica, exigir a formação universitária no ramo de Engenharia de Minas; b) Tenha idoneidade técnica e disponibilidade, reconhecidas pela Direcção-Geral, para o desempenho do cargo.	Artigo 42.º Responsável técnico da pedreira 1 - A direcção técnica da pedreira deve ser assegurada por pessoa que possua diploma de curso do ensino superior em especialidade adequada, como tal reconhecida pela DGEG. 2 - Entende-se por «especialidade adequada» a detenção de curso superior cujo plano curricular envolva as áreas da Engenharia de Minas, Geológica ou Geotécnica e ainda a detenção de outros cursos superiores de áreas técnicas afins desde que complementados por formação técnica específica adicional ou experiência operacional devidamente comprovada e nunca inferior a cinco anos.

REFERÊNCIAS

[1]-Lei n.º 54/2015 - Diário da República n.º 119/2015, Série I de 2015-06-22, Ato da Série I da Assembleia da República.

[2]-Regulamento n.º 420/2015 da Ordem dos Engenheiros que publica os Atos de Engenharia por Especialidade - Diário da República, 2.ª série - N.º 139 - 20 de julho de 2015.

[3]-Diário da República Electrónico. Consultado em janeiro 2017. Disponível em: <https://dre.pt/home>.

ARTIGO REF: 6980

O PAPEL DOS ENGENHEIROS DE MINAS NO RECONHECIMENTO RESPONSÁVEL DOS ATIVOS MINEIROS

Carlos Caxaria^(*)

Colégio Nacional de Engenharia Geológica e de Minas da Ordem dos Engenheiros, Portugal

^(*)*Email:* carlos.caxaria@gmail.com

RESUMO

Na sequência de vários processos fraudulentos de valorização de ativos mineiros, de que se destacam os casos da “Poisedon Bubble”, em 1970/71, período em que resultou uma grande especulação dos preços do níquel na Austrália, e ainda o da “Fraude Bre-X” em 1997 na Indonésia, onde uma manipulação de amostras aumentou significativa e artificialmente os teores em ouro de um projeto de prospeção que levou a prejuízos de centenas de milhões de dólares para investidores, tornou-se necessário acabar com estas práticas e credibilizar a informação disponibilizada aos investidores. Estes acontecimentos levaram que as instituições bancárias e principalmente as bolsas especializadas exigissem relatórios certificados para que os respetivos projetos pudessem ser considerados.

Para combater estas práticas fraudulentas e responder a essas exigências, organizações especializadas de vários países onde a indústria mineira é muito relevante, organizaram-se (CRIRSCO) por forma a criar um reconhecimento formal das melhores práticas usadas nesses países para a preparação dos relatórios sobre recursos e reservas minerais.

Hoje estão reconhecidos diversos métodos, nomeadamente, na Austrália o JORC, na África do Sul o SAMREC, no Canadá o CIM, na Europa o PERC, nos Estados Unidos o SME, no Chile a COMISION MINERA e na Rússia o NAEN. Nestes países a aplicação dos respetivos métodos impõe que os técnicos que elaboram os relatórios sobre reservas e recursos minerais estejam certificados mediante o cumprimento de determinadas premissas de formação e experiência profissional, estando por isso estabelecido um processo formal de reconhecimento e adesão.

Também ao nível das Nações Unidas existe um Grupo de Peritos para a Classificação de Recursos com o objetivo de fomentar políticas de promoção dos recursos minerais disponíveis para exploração, cujo objetivo é atrair investimento das companhias mineiras. Esta classificação acaba por se cruzar com os processos de reconhecimento atrás referidos.

As formações profissionais que mais recorrem a este reconhecimento são os licenciados em geologia e em engenharia de minas e as competências que lhe estão atribuídas são complementares, isto é, os geólogos são responsáveis pela avaliação e estimação de recurso minerais inferidos, indicados e medidos, que na prática se traduz nas diferentes fases da prospeção e pesquisa, e os engenheiros de minas pela avaliação e estimação das reservas minerais prováveis e provadas. (ver figura).

Pese embora a existência destes mecanismos de reconhecimento, o acesso dos técnicos especializados aos mesmos nem sempre é fácil por força de estrangimento de ordem diversa, o que não acontece com os técnicos de países de formação anglo-saxónica que têm um organismo próprio (IOM3 Institute of Materials, Minerals and Mining). Pese embora as dificuldades sentidas para a adesão ao PERC (Europa) já estejam ultrapassadas pelos

geólogos, por força do papel desempenhado pela Federação Europeia de Geólogos, o mesmo não acontece com os engenheiros de minas por não existir um organismo europeu que assuma fazer o mesmo papel para os engenheiros de minas.

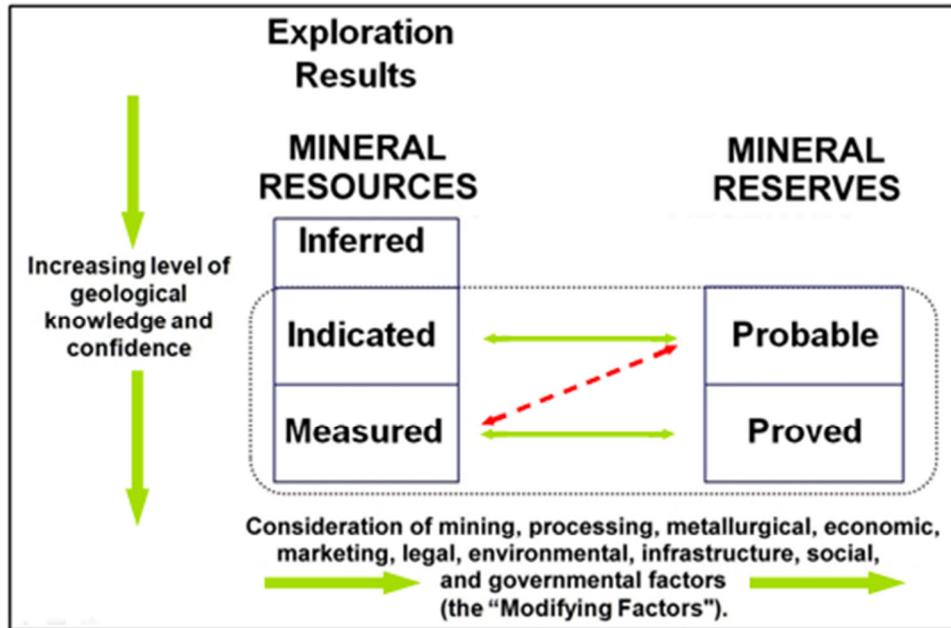


Fig. 1 - Processo de avaliação e estimativa das reservas minerais prováveis e provadas.

Para ultrapassar essas dificuldades os responsáveis pelas Ordens dos Engenheiros de Portugal e Espanha, na especialização da engenharia de minas, assinaram um "Acordo" para a criação de um "Comité Ibérico" para apreciação e reconhecimento prévio das candidaturas a "competent person" dos engenheiros de minas portugueses e espanhóis. Neste momento decorrem negociações com o PERC no sentido de que este Comité reconhecido pelas duas Ordens Ibéricas seja reconhecido formalmente como o garante da competência das candidaturas ibéricas apresentadas.

Espera-se que até ao final de 2017 o procedimento em curso esteja finalizado e formalmente reconhecido pelo PERC abrindo novas oportunidades profissionais aos engenheiros de minas ibéricos que venham a ser reconhecidos.

REFERÊNCIAS

[1]-Sítio da Internet: <http://www.percstandard.eu/>.

[2]-Sítio da Internet: <http://www.cirisco.com/>.

[3]-Classificação e Relatórios Standard Sobre Recursos e Reservas Minerais, Carlos Almeida, Stephen Henley e Ruth Allington.

PROCEEDINGS CLME2017 / V CEM

**8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia
V Congresso de Engenharia de Moçambique
Maputo (Moçambique), 4-8 Setembro 2017**

SIMPÓSIO-22

Exploração e Produção de Gás Natural e Petróleo

Coordenadores

Amilcar Soares^{1(*)} e Joaquim Góis^{2(*)}

¹Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal

²FEUP/U.Porto e OERN, Portugal

^(*)Editores Associados para os artigos deste Simpósio

INTERACÇÃO ENTRE DEPÓSITOS CONTOURÍTICOS E TURBIDÍTICOS (MIOCENO MÉDIO-SUPERIOR). IMPLICAÇÃO NA EXPLORAÇÃO DE RESERVATÓRIOS DE HIDROCARBONETOS

Benvindo Alzira Martins^(*), Cirilo Cauxeiro

Univ. Agostinho Neto, Fac. Ciências, Depart. de Ensino e Investigação em Geologia, Luanda, Angola.

^(*)Email: welcomealzhyrah@live.com.pt

RESUMO

A parte costeira mais à Sul do Miradouro da Lua, está fundamentalmente constituída por afloramentos, que dum ponto de vista didáctico, oferecem condições geológicas necessárias para a melhor compreensão dos diversos depósitos que formam os reservatórios Miocénicos e Pliocénicos de fluídos (hidrocarbonetos e água subterrânea) existentes nesta parte do *Onshore* e, conseqüentemente, na *Offshore* da bacia do Cuanza, que tem sido um dos grandes desafios para as indústrias que operam em Angola. Utilizando as técnicas da Sedimentologia moderna e, cruzando com outras técnicas de sistema de informação geográficas (SIG) bem como dados sísmicos, conseguiu-se caracterizar e criar um modelo que explica a interacção dos sistemas deposicionais Turbidíticos e Contouríticos, assim como a relação genética com os outros sistemas deposicionais desde o continente até as zonas à baixo do talude.

O estudo mostrou igualmente a possibilidade de se reconhecer as geometrias dos depósitos em diferentes escala, isto é, da escala sísmica à escala de afloramento. Em escala sísmica, é possível observar que os *moats* existentes nesta parte da bacia, por vezes associados à zonas de fraquezas estruturais, permitem a formação de extensos *drifts* contouríticos com um desenvolvimento preferencial em sentido do continente - *alongslope current*. Tais depósitos encontra-se eventualmente dobrados e, em alguns casos, com falhas resultantes da reactivação do sal (Figura 1).

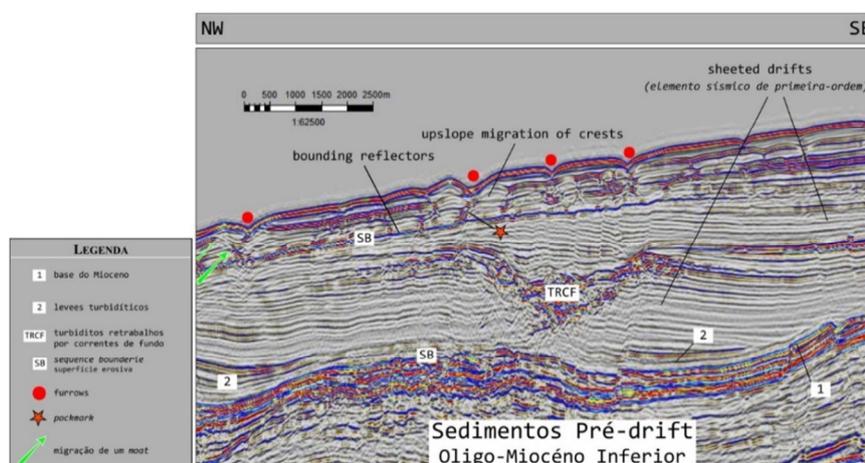


Fig. 1 - Representação, em sísmica, do processo de interacção de correntes de upwelling em depósitos turbidíticos, retrabalhando os sedimentos arenosos existentes.

De maneira mais detalhada a associação de fácies, mostrou que os fácies típicos de ambientes turbidíticos são, por vezes, retrabalhados pelas correntes de fundo - *turbiditos retrabalhados* ou *sistemas mistos contouritos-turbiditos* - que permitem uma boa conectividade lateral destes

reservatórios em alguns casos e em outros pode reduzir a permeabilidade dos reservatórios (Figura 2).

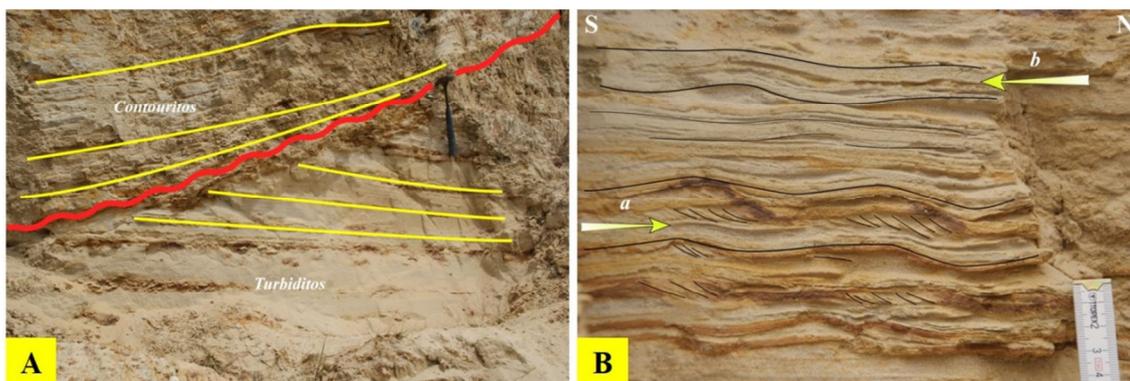


Fig. 2 - (A) Imagem de detalhe do contacto *toplap* existente entre os depósitos contouritos e os depósitos turbidíticos; (B) Topo da sequência turbidítica, sedimentologicamente constituída por areias muito finas à siltes com estruturas de marcas de correntes *a*) e marcas de onda *b*).

O surgimento destes depósitos contouríticos, turbidíticos e turbiditos retrabalhados por correntes de fundo, podem estar associados aos processos de preenchimentos das *Fossas Miocénicas* na zona costeira da bacia sedimentar do Cuanza, em que os sedimentos que constituem as bases são de características pelágicas e hemipelágicas com intensa bioturbação de planolites e chondrites - *traços fósseis de organismos que vivem em condições de anoxia* (Figura 3).



Fig. 3 - Fácies sedimentares pelágicas e hemipelágicas existentes em zonas mais profundas

REFERÊNCIAS

- [1]-Faugères, J.-C., Stow, D. A. V., Imbert, P., Viana, A. R., 1999. Seismic features diagnostic of contourite drifts. *Mar. Geol.* 162, 1-38.
- [2]-Mutti, E. & Carminatti, M., 2012. Deepwater Sands of the Brazilian Offshore Basins. Search and Discovery Article #30219(2012). Milan, Italy. Posted January 30, 2012. AAPG adapted.
- [3]-Stow, D., Brackenridge, R., Hernandez-Molina, J., 2011. Contourite Sheet Sands: New Deepwater Exploration Target. Search and Discovery Acticle #30182(2011). Houston, Texas, USA. Posted August 31, 2011. AAPG adapted.

ARTIGO REF: 6874

INVERSÃO SÍSMICA GEOESTATÍSTICA UTILIZANDO ANÁLOGOS GEOLÓGICOS PARA ESTÁGIOS INICIAIS DE EXPLORAÇÃO

Ângela Pereira¹, Rúben Nunes¹, Leonardo Azevedo¹, Luís Guerreiro², Amílcar Soares^{1(*)}

¹CERENA/DECivil, Instituto Superior Técnico (IST), Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

²Partex Oil & Gas, Lisboa, Portugal

(*)Email: asoares@ist.utl.pt

RESUMO

As fases iniciais de exploração, particularmente em áreas inexploradas ou bacias fronteira, caracterizam-se por serem projectos de risco elevado devido à escassez de dados. O conhecimento geológico da bacia e os dados sísmicos são o principal suporte nas primeiras etapas destes projectos. As metodologias de inversão sísmica são comumente usadas para gerar modelos das propriedades petrofísicas com vista à caracterização do reservatório e avaliação de incerteza, tendo por base dados de reflexão sísmica e dados de poços. No entanto, em áreas inexploradas, normalmente há ausência de poços. As metodologias de inversão sísmica são usadas para gerar modelos petrofísicos da subsuperfície com vista à caracterização do reservatório e avaliação de incerteza. Existem duas abordagens principais: Uma determinística, baseada em técnicas de otimização e outra probabilística ou estocástica [Bosh et al., 2010]. A abordagem geoestatística apresenta uma solução mais fiável, uma vez que permite avaliar a incerteza das propriedades inferidas. Os procedimentos inversos tradicionais requerem dados de poços. Neste trabalho apresentamos uma nova metodologia de inversão sísmica geoestatística que tenta solucionar esta questão, usando no processo de inversão sísmica a integração de informação de análogos geológicos (poços nas vizinhanças ou afloramentos) correlacionáveis com a área de interesse, que permitam estimar as propriedades petrofísicas do reservatório.

METODOLOGIA

A inversão sísmica geoestatística para áreas inexploradas ou fronteira pode ser resumida nas seguintes etapas: 1) Definição do modelo geológico regional, com principais unidades geológicas a partir da interpretação sísmica (Figura 1); 2) Extração de uma função de distribuição de probabilidade (*pdf*) de impedância acústica (IA) usada como cenário *a priori*, a partir de análogos geológicos (poços próximos), bem com um padrão de continuidade espacial resultante de um variograma para cada região geológica; 3) Geração de um conjunto de modelos de IA utilizando a simulação sequencial direta [Nunes e Almeida 2010, Soares 2001] para ambientes não-estacionários [Nunes et al., 2016]. Os modelos resultantes são condicionados por região pelos poços (caso existam), ou na ausência destes, por uma função de distribuição de probabilidade atribuída a cada região. Em ambos os casos, é imposto um padrão de continuidade espacial dado por um modelo de variograma por região; 4) Geração de dados sintéticos, a partir da convolução dos coeficientes de reflexão, obtidos dos modelos de IA gerados no passo anterior com uma *wavelet*; 5) Comparação traço-a-traço, do coeficiente de correlação entre os dados de reflexão sísmica sintética e dados de reflexão sísmica real. Seleção dos traços de IA que produziram o maior coeficiente de correlação em cada iteração. Estes traços são armazenados juntamente com os correspondentes coeficientes de correlação em dois volumes auxiliares; 6) Geração de novo conjunto de modelos IA

usando co-simulação sequencial direta para ambientes não-estacionários usando os dois volumes auxiliares gerados no passo anterior como variáveis auxiliares; 7) Retornar para 3) e iterar até que o coeficiente de correlação global entre dados sísmicos reais e sintéticos esteja acima de um certo limite.

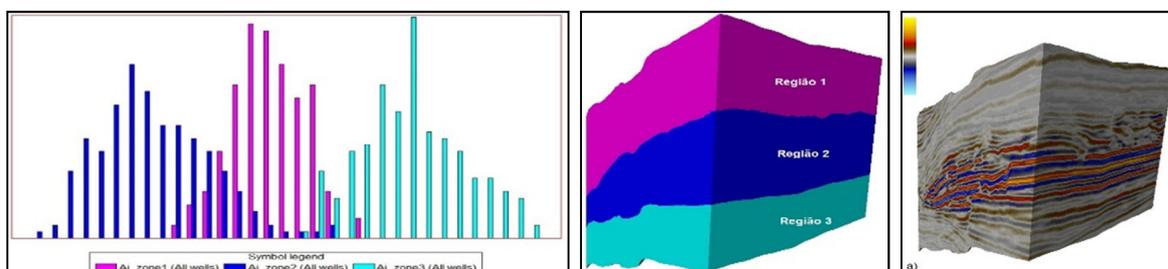


Fig. 1- (Esq.) Distribuição e IA (*pdf*) para cada região, obtida a partir dos análogos geológicos (poços próximos fora da área). (Centro) Modelo geológico regional. (Dir.) Sísmica real.

RESULTADOS

O método convergiu ao final de 6 iterações com um coeficiente de correlação global (Figura 2) entre sismograma sísmico real e sismograma sintético de 0,85. O melhor modelo de impedância acústica (Figura 4) respeitou a distribuição de IA inicial e modelo espacial (variograma), tendo os canais de areia sido reproduzidos. O modelo *Best* de coeficiente de correlação local (Figura 4) apresentou bons resultados. As áreas com pior coeficiente de correlação correspondem a zonas de transição. Para a zona do reservatório (região 2 - azul escuro) o coeficiente de correlação entre sísmica real (Figura 1) e sísmica sintética (Figura 3) foi de 0,90. Na Figura 3 é possível ver o resíduo entre o sismógrafo real e o sismograma sintético.

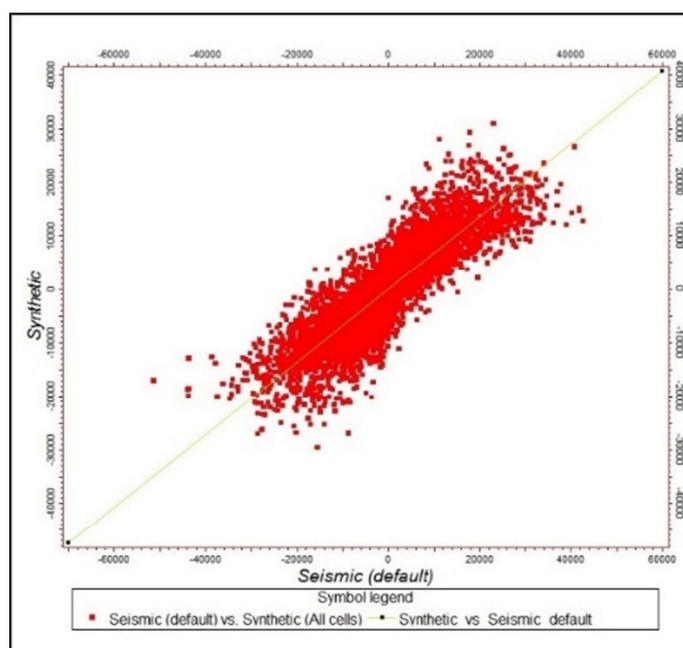


Fig. 2 - Diagrama de dispersão mostrando correlação entre sísmica real sísmica e sintética após 6 iterações.

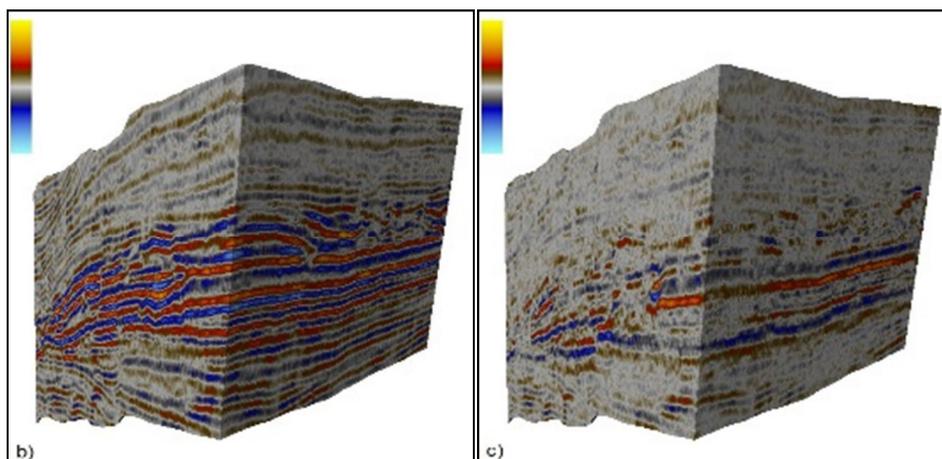


Fig. 3 - (Esq.) Sismograma sintético após 6 iterações (Dir.) Resíduo entre sísmica real e sintética após 6 iterações.

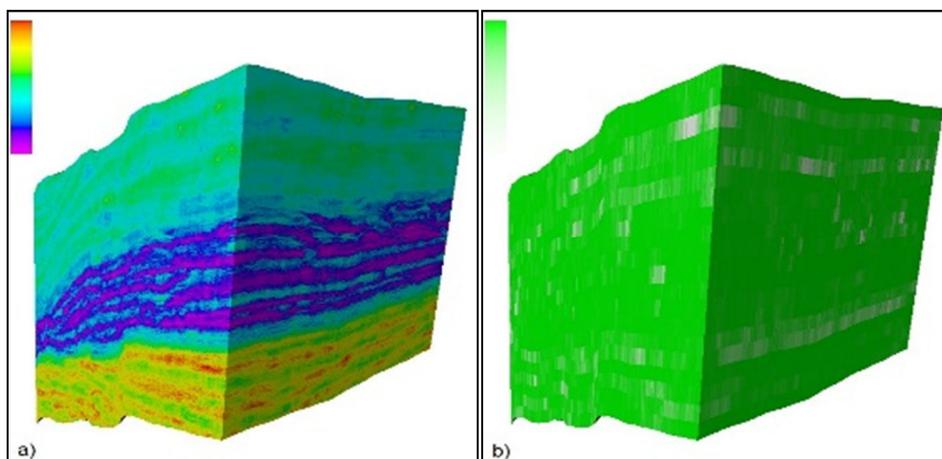


Fig. 4 - (Esq.) Modelo Best IA após 6 iterações, mostrando a zona do reservatório (canais turbidíticos) com valores baixos de IA. (Dir.) Modelo Best de coeficientes de correlação após 6ª iterações.

CONCLUSÕES

Esta metodologia de inversão sísmica, integrando dados sísmicos e informação de análogos geológicos, pode ser útil na modelização de reservatórios e avaliação de incerteza em estágios iniciais de exploração ou em bacias fronteira, onde os dados são normalmente escassos ou ausentes. Sem dados de poços dentro da área e apenas com um modelo geológico inicial e um cenário *a priori* de IA obtido a partir de análogos geológicos (poços perto da área, geologicamente correlacionáveis) é possível obter uma visão geral das propriedades petrofísicas dentro do reservatório.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Partex Oil & Gas e à Repsol pelos dados e permissão para mostrar os resultados. Gostariam também de agradecer à Schlumberger pela doação do Petrel® e CGG pelas licenças académicas do *software* Hampson-Russel.

REFERÊNCIAS

- [1]-Bosh, M., Mukerji, T., & Gonzalez, E. F. 2010. Seismic Inversion for Reservoir Properties Combining Statistical Rock Physics and Geostatistics: A Review. *Geophysics*, 75(5): 75A165-75A176.
- [2]-Soares, A. 2001 Direct Sequential Simulation and Cosimulation, *Mathematical Geology*, 33(8), 911-926.
- [3]-Nunes, R., & Almeida, J.A. 2010. Parallelization of sequential gaussian, indicator and direct simulation algorithms. *Computers & Geosciences*, 36(8):1042-105.
- [4]-Nunes R., Soares A., Azevedo L. & Pereira P., 2016. Geostatistical Seismic Inversion with Direct Sequential Simulation and Co-simulation with Multi-local Distribution Functions: *Mathematical Geosciences*, First Online.

ARTIGO REF: 6879

AVALIAÇÃO DE RISCO TECNOLÓGICO DE “BLOW OUT” NA FASE DE PERFURAÇÃO: MODELO DE PRESSÃO DE POROS COM INTEGRAÇÃO DA SÍSMICA

Amilcar Soares^(*), Leonardo Azevedo, Rúben Nunes

CERENA/DECivil, Instituto Superior Técnico (IST), Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

^(*)*Email:* asoares@ist.utl.pt

RESUMO

Um dos maiores riscos tecnológicos que envolve as operações de perfuração tem a ver com a súbita pressão anormal dos poros e consequente desastres que podem atingir os limites dos « blow-outs ». Concretamente, pressões de poro anormais podem resultar em problemas de perfuração tais como instabilidade de furo, perda de circulação e « blow-outs ». A predição de pressão de poros de gradiente é de grande importância para avaliação de risco e para o planeamento de novos poços em estágios iniciais de desenvolvimento e produção de reservatórios de petróleo. Neste trabalho, é apresentado um método de utilização da sísmica de reflexão para caracterização de modelos geomecânicos de pressão de poros. Estudo de caso reais são apresentados para ilustrar os resultados.

METODOLOGIA

A prática mais usual de predição de pressão de poro (Boer et al., 2006) pode ser resumida da seguinte forma: depois de criados modelos de velocidade e de velocidade normal, interpretada com base nas velocidades de processamento, calibradas nas localizações dos poços os valores de Gradient Pore Pressure (GPP) são obtidos usando relações clássicas como a equação de Eaton (1975):

$$GPP = GPG - (GPG - GPH) (V / VN)^e \quad (1)$$

O cubo GPP resulta da integração dos gradientes de pressão geostática e hidrostática, GPG e GPH, da razão de velocidades e do expoente calibrado e .

Nos poços existentes, os valores disponíveis de GPP podem eventualmente ser medidos mas, usualmente, são inferidos pelo peso das lamelas usadas durante a operação de perfuração anterior, resultando em dados altamente incertos. Normalmente, apenas um ou dois limites de GPP são assumidos na localização do poço. O expoente e , que mede o grau de sensibilidade da relação entre a velocidade e GPP, após calibração nas posições dos poços, é interpolado para toda a área de estudo (usando, por exemplo, krigagem).

Num segundo passo, o cubo GPP obtido de (1) é calibrado com os valores incertos de GPP inferidos nas posições dos poços. Normalmente são adoptados os valores mais prováveis de GPP numa dada localização espacial.

É este precisamente o problema mais relevante nos modelos clássicos de pressão de poro: o uso de um valor médio para prever valores extremos de GPP.

Neste artigo é apresentada uma nova abordagem para caracterização de modelos geomecânicos tendo por base a sísmica 3D e os valores incertos inferidos pelos dados imprecisos dos poços.

REFERÊNCIAS

[1]-Azevedo, L., Nunes, R., Soares, A., and Neto, G. S. [2013] Stochastic Seismic AVO Inversion. 75th EAGE Conference & Exhibition, no. June 2013: 10-13.

[2]-Eaton B.A. [1975] The Equation for Geopressure Prediction from Well Logs, SPE paper #5544.

[3]-Boer L.D., Sayers C., Nagy Z., Hooyman P., Woodward J. [2006] Pore Pressure Prediction Using Well-Conditioned Seismic Velocities. First Break, Vol 24.

[4]-Horta, A., and Soares, A. [2010] Direct Sequential Co-Simulation with Joint Probability Distributions. Mathematical Geosciences 42 (3): 269-92. doi:10.1007/s11004-010-9265-x.

ARTIGO REF: 6944

UMA REFLEXÃO SOBRE OS NOVOS APROVEITAMENTOS DO PETRÓLEO E GÁS NÃO CONVENCIONAIS

Joaquim Góis^{1,2 (*)} António Fiúza^{1,2}

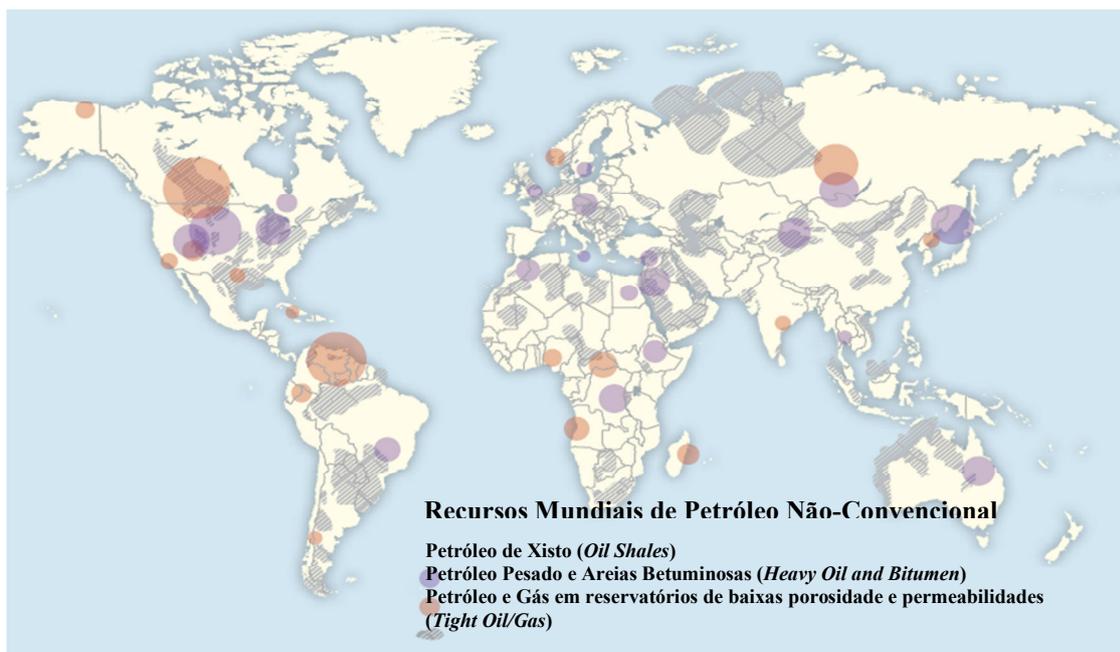
¹Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Departamento de Engenharia de Minas - Porto, Portugal

²Centro de Recursos Naturais e Ambiente - CERENA

(*)Email: jgois@fe.up.pt

RESUMO

Em qualquer cenário, sobre a mais diversas perspetivas, invocando o mais original dos modelos ou políticas de desenvolvimento, considerando os diferentes pressupostos (os mais e os menos otimistas e/ou pessimistas), inevitavelmente, todas as reflexões convergem numa facticidade “...a Humanidade, nas próximas décadas, não poderá prescindir, de forma imediata, do uso de combustíveis fósseis...”. Não sendo esta inevitabilidade a razão para que o atual padrão de consumo energético se mantenha *ad aeternum*, o recurso aos combustíveis fósseis não-convencionais pode constituir, por paradoxal que possa parecer, uma solução para a tão desejada mudança (social, económica e ambientalmente mais equilibrada) de paradigma de desenvolvimento da humanidade, assente em fontes energéticas limpas e renováveis. As razões para que se reequacionem o aproveitamento dos novos combustíveis fósseis não convencionais prendem-se, sobretudo, com: i) o aliviar da pressão financeira sobre o preço dos combustíveis fósseis tradicionais; ii) a substituição dos tradicionais combustíveis fósseis (carvão), por outros menos poluentes e energeticamente mais eficientes (gás); iii) a mudança e reposicionamento das actuais geo-estratégias energéticas para novas regiões do globo;



Fonte: (Adaptado de: Oil Shales of the World: Their Origin, Occurrence and Exploitation by Paul L. Russel and UNITAR Heavy Oil and Oil Sands Database, 2010; Energy Information Administration, World Shale Gas Resources, 2011; and Hart

Fig. 1 - Distribuição Mundial dos Recursos Mundiais de Petróleo Não-Convencional.

Estas razões permitirão à Humanidade ganhar “tempo” para a tão ambicionada transição da matriz energética mundial sem que, insistimos, estas possam ser as justificações para adiar a procura e o desenvolvimento das soluções tecnológicas para novas fontes energéticas renováveis, ambientalmente mais limpas e economicamente acessíveis.

Este documento pretende ser uma breve reflexão sobre as características dos combustíveis fósseis não-convencionais, sobre as vantagens e desvantagens face aos tradicionais combustíveis fósseis e sobre os desafios tecnológicos que se colocam à sua prospeção/extração e aproveitamento.

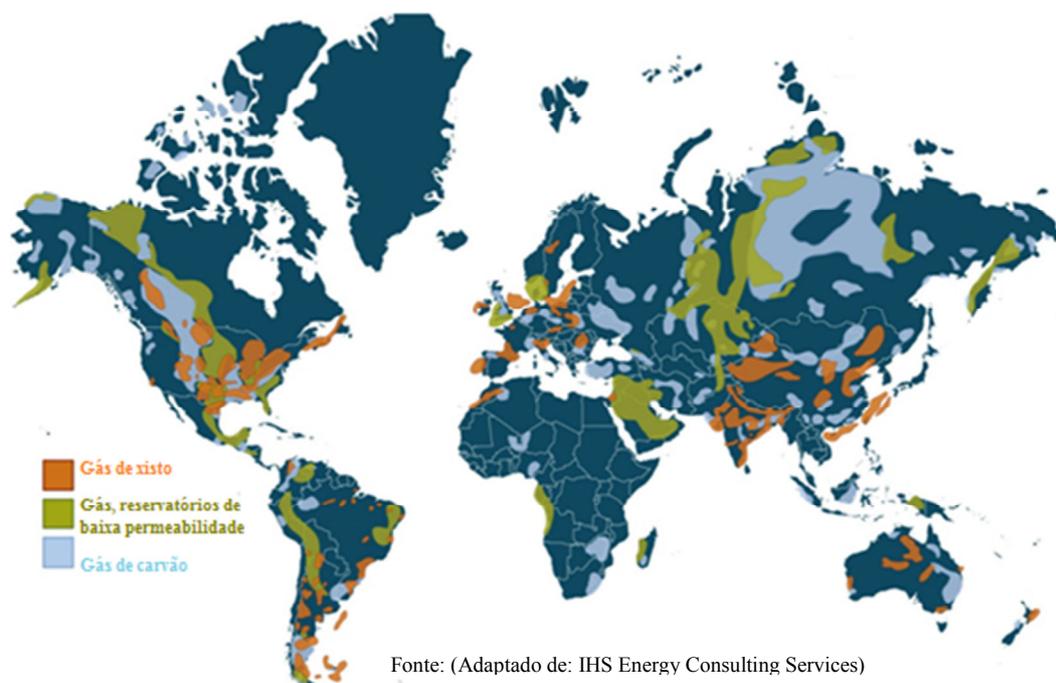


Fig. 2 - Distribuição Mundial dos Recursos Mundiais de Gás Não-Convencional.

Procurar-se-á dar propriedade a termos que em breve farão parte do léxico da indústria extractiva, tais como “Gás de Xisto”, “Petróleo de Xisto”, “Hidratos de Metano”, “Areias Betuminosas”, “Petróleo Pesado”, “Gás Profundo”, “Gás Ártico”, “Gás de Carvão”, “Gás e Petróleo em reservatórios de baixas permeabilidade e porosidade”, etc... e perspectivar alguns dos futuros desenvolvimentos nesta área do conhecimento.

REFERÊNCIAS

- [1]-Y. Zee Ma and Stephen Holditch, Unconventional Oil and Gas Resources Handbook. Evaluation and Development, Elsevier, 2016.
- [2]-Stephen A. Holditch, Unconventional oil and gas resource development - Let's do it right Journal of Unconventional Oil and Gas Resources, Volumes 1-2, June 2013, Pages 2-8.
- [3]-Smia, Ladislav, Shale gas and unconventional gas. New resources, New challenges, Research paper, Mirova. Responsible investing, November (2012).
- [4]-<http://www.iea.org/> consultado em 12/01/2017.
- [5]-http://carnegieendowment.org/files/unconventional_oil.pdf consultado em 12/01/2017.

ARTIGO REF: 6959

FLNG COMO OPÇÃO PARA MONETIZAÇÃO DE RESERVAS DE GÁS NATURAL OFFSHORE

José Carmona Nicolau^(*). Ataíde Sacramento

Galp Rovuma, Moçambique

^(*)*Email:* paulo.mendonca@galp.com

RESUMO

Um projecto de Exploração e Produção de Gás Natural Offshore passa pelas etapas de Exploração, de Desenvolvimento e finalmente de Produção. A fase de Exploração consiste na pesquisa de hidrocarbonetos através da utilização de métodos geofísicos de análise do subsolo. Nesta fase utilizam-se sobretudo resultados de ensaios sísmicos e de perfuração de poços para descoberta e identificação de reservatórios comercialmente viáveis de gás natural ou de petróleo no subsolo. Na fase de Desenvolvimento decide-se sobre as soluções mais adequadas (técnicas e económicas) para tratar os hidrocarbonetos em terra ou no mar. A solução final escolhida é então projectada, construída e testada, o que leva à fase final de Produção.

Na fase de Desenvolvimento são elaborados os projectos dos equipamentos de produção submarinos e de transporte (Upstream) e os projectos de tratamento dos hidrocarbonetos em terra ou no mar (Midstream). Em muitos casos, existem desafios técnicos que podem hipotecar a viabilidade do projecto devido à necessidade de elevados investimentos necessários para o seu desenvolvimento os quais podem pôr em causa a sua viabilidade económica.

Entre esses factores estão a distância para terra e a profundidade dos reservatórios offshore, os obstáculos submarinos (tipo desfiladeiros) a vencer pelas linhas de transporte (pipelines) ou a existência de ecossistemas muito sensíveis junto à costa como no caso de recifes de corais. A opção de desenvolvimento deste tipo de reservatórios através de uma unidade flutuante de processamento, liquefacção, armazenagem e expedição do gás liquefeito (FLNG) pode ajudar a ultrapassar as dificuldades/desafios deste tipo de reservatórios. Noutros casos, em situações de menores desafios marítimos, ambientais e/ou geográficos a opção de construção de uma unidade de processamento, liquefacção, armazenagem e expedição em terra pode ser mais vantajosa técnica e comercialmente.

Uma unidade flutuante de processamento, liquefacção, armazenagem e expedição (FLNG) é constituída pela torre (Turret) de recepção do gás submarino, pelas unidades processuais de tratamento e liquefacção do gás, por tanques criogénicos de armazenagem do GNL e dos condensados, por uma zona de expedição marítima destes produtos, uma zona de recepção e hospedagem da tripulação, e uma Flare (facho). Existe também uma unidade de geração de energia, uma zona de produção/armazenagem de utilidades (água, vapor, azoto...) e uma Flare (facho) para queima dos gases em situações de manutenção e/ou de emergência. Todas estas unidades existem numa instalação em terra, mas a sua instalação num navio levanta maiores desafios de espaço, de segurança e de funcionamento dos equipamentos no mar.

Embora esta seja uma tecnologia nova ainda não suficientemente testada, ela pode vir a ser utilizada futuramente em inúmeros campos onde a tecnologia tradicional não seria economicamente viável, abrindo a possibilidade de produção de hidrocarbonetos em campos cujas reservas não poderiam de outro modo ser produzidas e comercializadas.

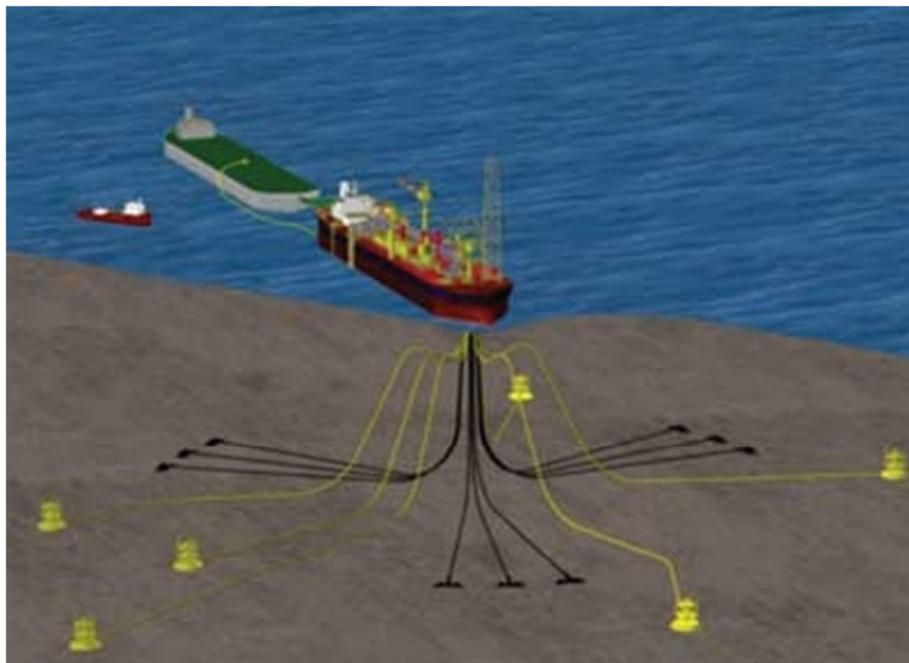


Fig. 1 - Ilustração de uma unidade FLNG

ARTIGO REF: 6992

PANORAMA DA EXPLORAÇÃO DE GÁS NATURAL NÃO CONVENCIONAL (*SHALE GAS*) NO MUNDO

Daniele Costa^{1,2 (*)}, Joaquim Góis^{1,2}, David Castelo Branco³, Anthony Danko^{1,2}, António Fiúza^{1,2}

¹Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Dep. de Engenharia de Minas, Porto, Portugal

²Centro de Recursos Naturais e Ambiente - CERENA

³Programa de Planeamento Energético (PPE/COPPE), Universidade Federal do RJ, Brasil

(*)*E-mail*: daniele.costa@fe.up.pt

RESUMO

O desenvolvimento da exploração de gás natural (GN) a partir de folhelho, ou shale gas, foi impulsionado, sobretudo, pelo avanço das técnicas de exploração, levando a uma importante substituição da tecnologia existente. Como consequência, o aumento da produção permitiu a diminuição da dependência energética dos Estados Unidos da América (EUA) assim como a redução do preço do GN, despertando o interesse mundial para a exploração deste recurso. Entretanto, devido aos impactos ambientais associados, a exploração de shale gas está fortemente condicionada ao ambiente regulatório e à política ambiental dos países que possuem reservas.

Este trabalho realiza uma breve revisão do processo de extração do shale gas, sendo também discutidos os principais impactos ambientais das etapas de produção. São ainda apresentadas as reservas mundiais de shale gas, o conceito de recursos não convencionais, além do panorama mundial da exploração deste recurso. Finalmente, são discutidas as perspectivas futuras para sua exploração, destacando dificuldades técnicas e aspectos económicos existentes para sua a viabilização da sua exploração.

INTRODUÇÃO

O gás natural (GN) é uma fonte de energia não renovável consumida como fonte de calor, combustível e eletricidade em muitos países e é considerado um combustível confiável, eficiente e limpo. O GN desempenha um papel importante no fornecimento mundial de energia: em 2012, representou 21% da demanda global de energia primária (IEA 2014). Para além disso, a *International Energy Agency Energy* (IEA), prevê um aumento de 63% na demanda mundial de GN entre 2008 e 2035 (IEA 2011). Nesse mesmo estudo, está também previsto que a participação do *shale gas* no total de GN produzido será de 11%, representando o maior aumento entre as categorias de produção ao longo dos anos.

Atualmente a produção de *shale gas* encontra-se principalmente concentrada nos Estados Unidos da América (EUA) e no Canadá. Contudo, prevê-se que até 2035 haverá um expressivo aumento da produção de GN através de fontes não convencionais em diferentes países (IEA 2011, EIA 2016b). Dada esta previsão de um maior número de iniciativas de exploração no mundo, diferentes estudos apontam para a necessidade de que se realizem mais avaliações dos riscos ambientais associados à exploração, sobretudo às etapas de perfuração e fratura hidráulica (ou fracturamento hidráulico) (Vengosh et al. 2013).

No entanto, atualmente, ainda são poucos os estudos que retratam os impactos socioambientais e os aspectos regulatórios da exploração do *shale gas*. Por este motivo, este

trabalho tem como objectivo apresentar brevemente a tecnologia de fratura hidráulica e os seus impactos ambientais. Além disso, o trabalho apresenta um panorama do estado atual da exploração mundial e discute as perspectivas futuras para a exploração deste recurso.

FRACTURA HIDRÁULICA E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS

Os recursos "não convencionais" são assim denominados porque certos parâmetros, como a porosidade, permeabilidade, o mecanismo de retenção de fluidos, as características do reservatório ou da formação de rocha da qual o gás é extraído, diferem bastante do arenito convencional e dos reservatórios carbonáticos considerados tradicionais (Broomfield 2012). São recursos não convencionais o shale gas, o shale oil, o tight gas e o coalbed methane, entre outros. Além do shale gas, os EUA também exploram outros recursos não convencionais, como o tight gas e o coalbed methane.

O folhelho é a rocha sedimentar mais abundante no mundo e é encontrado em dois terços do registro estratigráfico (Trabucho-Alexandre 2015). Shale gas refere-se ao GN presente em depósitos de folhelhos, rochas ricas em matéria orgânica que possuem granulometria muito fina, baixa permeabilidade e são ricas em matéria orgânica (Rezaee & Rothwell 2015). Tanto o gás biogénico como o termogénico, estão presentes em duas componentes, adsorvidos no querogénio ou em partículas de argilas, ou presente como gás livre em poros e fraturas naturais. (Curtis 2002).

O desenvolvimento da exploração de gás não convencional, impulsionada, sobretudo, pelo avanço das técnicas de exploração do shale gas representou uma importante substituição tecnológica para a redução da dependência energética dos EUA. Este país, que nos anos 2000 era um grande importador de gás, deve tornar-se um exportador de GN até o ano de 2021; como resultado de uma combinação do aumento da demanda por gás natural liquefeito (GNL), do aumento da produção doméstica e aumento do custo do gás no exterior em relação ao doméstico (Blohm et al. 2012).

Um relatório norte americano, por sua vez, destaca que a produção de shale gas tornou-se economicamente viável devido a três fatores principais: (i) avanços na tecnologia de perfuração horizontal, (ii) os avanços na tecnologia de fratura hidráulica, e, sobretudo, (iii) o rápido aumento dos preços do GN, que criaram pressões significativas no equilíbrio entre a oferta e a demanda (GWPC 2009). Além destes fatores, também é possível acrescentar que a já existente extensa malha de gasodutos do país, bem como a existência de experiência técnica consolidada na indústria de óleo de gás, também foram aspectos favoráveis.

Reservas de shale gas no mundo

A agência norte-americana de energia (*U.S. Energy Information Administration - EIA*) analisou 137 formações *shale* em 41 países, de entre os quais Brasil e EUA, e estimou as reservas de *shale gas* em 7.299 trilhões de pés cúbicos, um aumento de 10% em relação à estimativa desta agência em 2010 (EIA 2013). A Figura 1 apresenta as regiões analisadas neste relatório, diferenciando onde foi realizada ou não a estimativa dos recursos das formações das bacias e demonstra a interiorização destes recursos no mundo.

Na Tabela 1, apresenta-se um ranking dos países com as maiores estimativas de recursos não convencionais no mundo. Contudo, é importante diferenciar os recursos tecnicamente recuperáveis dos recursos economicamente recuperáveis: a primeira categoria corresponde aos volumes que podem ser produzidos com as tecnologias existentes, independentemente dos

preços do GN e petróleo e dos custos de produção, enquanto a segunda representa os recursos que podem ser lucrativamente produzidos dentro das condições de mercado da produção.

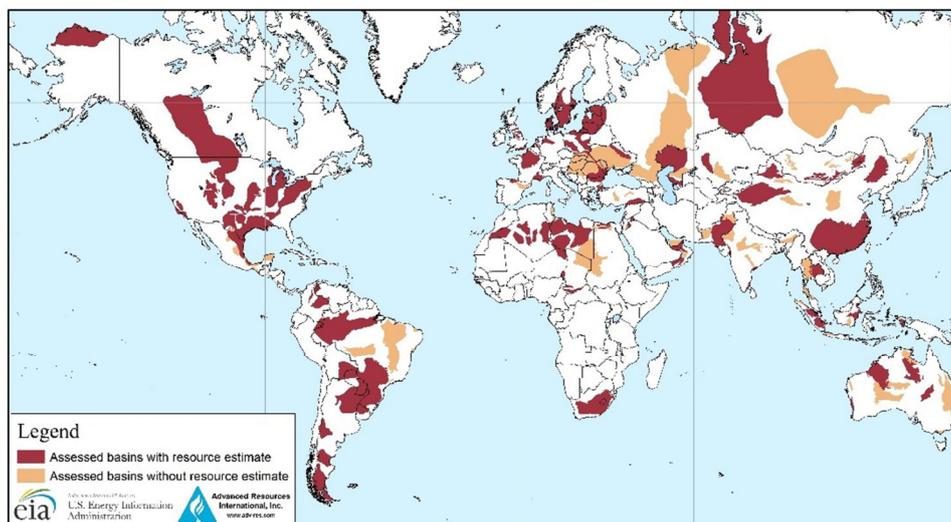


Fig. 1 - Mapa de bacias com formações de *shale oil* e *shale gas* avaliadas. Fonte: EIA (2015).

Embora a avaliação global dos recursos de folhelho realizados pela EIA não tenha avaliado os recursos em Portugal, a zona emersa da bacia Lusitaniana é relatada como possível área com gás de xisto (IEA 2012, Baptista 2011). Alguns esforços têm sido feitos para caracterizar a existência de gás de xisto nesta área (Barberes et al. 2014, Baptista 2011, Sousa 2015). No entanto, os resultados encontrados são inconclusivos na apresentação de estimativas dos recursos existentes e todos os estudos avaliados indicam a necessidade de realizar mais perspectivas e pesquisas nesta área.

Tabela 1: Estimativa de recursos tecnicamente recuperáveis (em GN úmido). Fonte: EIA (2015).

Posição	Estimativa de recursos ($\times 10^{12} \text{ m}^3$)	País
1	31.58	China
2	22.70	Argentina
3	20.02	Argélia
4	17.63	Estados Unidos da América
5	16.22	Canadá
6	15.44	México
7	12.16	Austrália
8	11.04	África do Sul
9	8.06	Rússia
10	6.93	Brasil

Fratura hidráulica de alto volume

A conjunção das técnicas de perfuração direcional e fatura hidráulica, somadas, aliadas a um ambiente regulatório favorável, tornou a produção de gás de folhelho viável nos EUA em

termos técnicos e económicos. A perfuração horizontal permite uma maior exposição a uma formação em comparação com um poço vertical. Um dos aspectos positivos da técnica de perfuração horizontal é a redução do número de poços requeridos, minimizando a área de exploração e os impactos sobre o uso do solo e a fragmentação do habitat, quando comparada à perfuração de um poço vertical (GWPC 2009).

A fratura hidráulica é uma técnica que consiste na injeção de fluidos de fratura a alta pressão. Estes fluidos podem ser soluções, emulsões e também gases liquefeitos, incluindo espumas e óleos e são utilizados para gerar fraturas em formações geológicas subterrâneas, estimular o fluxo de GN ou óleo, e assim favorecendo a recuperação de hidrocarbonetos (EPA 2004, Gandossi 2013, EPA 2010).

O primeiro registro da exploração de gás de folhelho é de 1857, quando uma explosão utilizando pólvora foi realizada num poço em Canadaway Creek (EUA), causando um posterior fluxo de gás (Morton 2013). Contudo, a primeira utilização industrial desta tecnologia data de 1949 e o primeiro fratura hidráulica em larga escala ocorreu apenas em 1968 (Gandossi 2013).

Impactos ambientais da exploração

Tipicamente, o processo de desenvolvimento de gás de xisto compreende as seguintes etapas: (i) leasing, (ii) obtenção de licenças, (iii) construção de estradas e do site, (iv) perfuração e completação de poço, (v) fratura hidráulica, (vi) produção, (vii) workovers¹ e (viii) abandono de poço e recuperação da área (Spellman 2012). Os impactos ambientais associados à estas etapas de produção podem ser subdivididos nas categorias: uso do solo, recursos hídricos, qualidade do ar e alterações climáticas, sismicidade induzida, bem como segurança, saúde ocupacional e pública.

Após uma identificação bem sucedida de áreas potenciais suportadas por investigação sísmica, o estabelecimento das zonas de exploração requer a remoção da vegetação, o transporte de produtos químicos e equipamentos, a execução de obras para a construção das instalações e melhorias rodoviária, que geram impactos de uso da terra e provocam perturbações de habitat (Moran et al. 2015). Efeitos similares são também causados pela construção de dutos e estruturas de captação de água.

Estas atividades podem aumentar a erosão e, conseqüentemente, a descarga de sedimentos para rios e córregos, resultando em um aumento dos sólidos suspensos totais (TSS). Além disso, estas atividades criam um tráfego intenso de camiões nas áreas afetadas, que têm o potencial de aumentar os acidentes nas áreas de exploração, assim como aumento dos níveis de ruído (Graham et al. 2015).

O ciclo do uso da água para o fratura hidráulica tem início na aquisição da água de corpos hídricos superficiais ou subterrâneas, águas de abastecimento público e também água de reuso. A água é maioritariamente utilizada para as atividades de perfuração do poço (utilizada para composição das lamas de perfuração) e para a fratura hidráulica em si.

Para a etapa de fratura hidráulica, são adicionados produtos químicos para a formação do fluido de fratura, que posteriormente é injetado no poço de produção. As águas residuais consistem nas águas de retorno (*flowback water*) e em águas produzidas pela formação

¹ *Workovers* são operações e intervenções para manutenção ou ações corretivas, também conduzidas para limpeza de poços.

(*produced water*) (EPA 2015, 2011). Os volumes de água consumidos em diferentes áreas exploratórias nos EUA são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Uso de água em diferentes bacias sedimentares dos EUA. Fonte: GWPC (2009).

Bacia sedimentar	Perfuração (m3)	Faturamento hidráulica (m3)	Total (m3)
Barnett shale	1.514	87.06	10.221
Fayetteville shale	227	10.978	11.583
Haynesville shale	3.785	10.221	14.006
Marcellus shale	303	14.385	14.687

As emissões de contaminantes ocorrem durante várias fases de exploração e exploração de *shale gas*, incluindo perfuração inicial, fratura hidráulica, conclusão de poço e produção. As emissões associadas são constituídas maioritariamente por compostos orgânicos voláteis (COVs), Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HAP); material particulado (PM_x), óxidos de nitrogénio (NO_x), óxidos de enxofre (SO_x) e carbonilos (tais como formaldeído) e ozono (Ahmadi & John 2015, Swarthout et al. 2015, Colborn et al. 2014).

A indústria de GN é particularmente relevante para as mudanças climáticas, considerando que este recurso é constituído maioritariamente por metano (CH₄). Embora estimativas das emissões de gases de efeito estufa durante o ciclo de vida da exploração de gás de folhelho sejam recorrentes (Burnham et al. 2012, Jiang et al. 2011, Jaramillo et al. 2007), e muitas vezes controversas, a realização de medições em campo continua a ser um desafio para uma verificação adequada.

Diversos sismos de intensidade moderada que ocorreram nos EUA nos estados do Colorado, Texas, Oklahoma, Ohio e Arkansas podem estar relacionados à exploração de GN não convencional (USGS 2014). No Reino Unido, a ocorrência de dois eventos sísmicos associados a uma perfuração exploratória levou à interrupção das atividades e fomentou uma maior cautela em relação à exploração de shale gas (Clarke et al. 2014, The Royal Society & The Royal Academy of Engineering 2012). Embora haja muita controvérsia em relação a este tema, pode-se afirmar que a atividade de exploração pode ativar falhas geológicas existentes.

Estudos sobre os impactos da exploração de shale gas na saúde ocupacional ainda são escassos. Recentemente foi relatada a exposição de trabalhadores envolvidos nestas atividades à sílica cristalina respirável (OSHA 2015). Também são poucos os estudos que avaliam os impactos à saúde pública associados às emissões associadas à extração deste recurso (McKenzie et al. 2012) e os que avaliam às consequências desse recurso para a saúde pública (Hammer & VanBriesen 2012, Finkel & Hays 2013, Werner et al. 2015).

EXPLORAÇÃO DE SHALE GAS NO MUNDO

A extração bruta de gás de folhelho foi primeiro monitorizada pela EIA no início de 2007, quando correspondia a cerca de 8% da produção total. Desde então, esta produção cresceu 506% até dezembro de 2013, alcançando cerca de 40% da produção total de GN nos EUA ao final de 2013 (EIA 2016a). O aumento da produção de GN permitiu a redução significativa das importações líquidas de GN pelos EUA a partir de 2007, como pode ser observado na Figura 2.

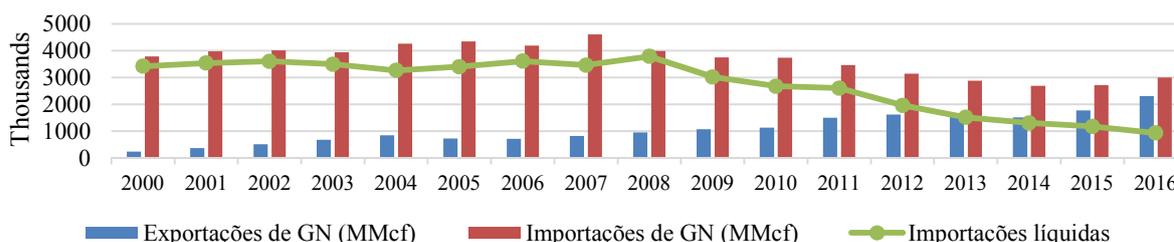


Fig. 2 - Balanço de importações e exportações de GN nos EUA. Fonte: adaptado de EIA (2016a).

Atualmente apenas quatro países têm produção comercial de gás de xisto, nomeadamente, os Estados Unidos da América, Canadá, China e Argentina (EIA 2016b). Entretanto, até 2040 são esperadas melhorias tecnológicas para estimular o desenvolvimento das exploração de gás de folhelho em outros países, sobretudo no México e na Argélia, que em conjunto com os atuais produtores deverão representar 70% da produção mundial (EIA 2016b).

O interesse em recursos não convencionais na Europa ganhou visibilidade devido ao aumento da demanda de GN em relação à limitação da oferta, fortemente influenciada por questões geopolíticas. Diversos países membros da União Europeia demonstraram interesse na exploração do shale gas, dentre os quais se incluem: Polônia, Alemanha, Holanda, Reino Unido, Espanha, Romênia, Lituânia e Dinamarca (Broomfield 2012). Entretanto, em resposta às preocupações levantadas pelo público em geral, diversos países baniram ou impuseram uma moratória na sua exploração, tais como a Bulgária, República Checa, França, Alemanha, Irlanda, Romênia, entre outros (Johnson & Boersma 2013, KTWS 2015).

Por outro lado, a produção de GN não convencional é suportada pelos governos da África do Sul e do Reino Unido. Em ambos os países, o GN não convencional é considerado um recurso energético estratégico para assegurar a segurança energética destes países (DEEC 2015a, b, Roelf et al. 2016). A exploração comercial deste recurso em ambos os países encontra-se na iminência do início de suas atividades (Roelf et al. 2016, GOV.UK 2017).

PERSPECTIVAS FUTURAS

Dentre os desafios para o desenvolvimento do gás não convencional, destaca-se a viabilização da sua oferta. Em muitos casos, as áreas com potencial nesse segmento são remotas, de difícil acesso e longe do mercado de consumo. Além disso, ainda há outras necessidades a serem ultrapassadas, por exemplo: mapear adequadamente o potencial geológico das reservas, obter licenças ambientais para sua exploração e produção, cumprir a legislação local, construção de novos gasodutos ligando as possíveis regiões produtoras com o mercado consumidor e outras infraestruturas, utilização de equipamento adequado para sua exploração, etc.

Contudo, a exploração do *shale gas* apresenta uma vantagem competitiva, uma vez que a interiorização das reservas permitiria a redução dos custos de transporte em certas regiões, visto que os custos de transporte de GN são bastante acentuados com as distâncias percorridas, podendo ser de 3 a 5 vezes superior ao custo do transporte de óleo cru, em base energética (Chandra 2006). Além disso, este tipo de exploração pode reduzir a dependência em importações de GN em alguns países, sobretudo europeus.

Além dos riscos decorrentes de incertezas do lado da demanda, a oferta também apresenta uma série de desafios do ponto de vista regulatório, tecnológico, ambiental e de capital, uma vez que os investimentos são avultados. Nesse sentido, torna-se ainda mais relevante a existência de uma política clara de incentivos ou proibições quanto à produção de GN de cada

país. Também é necessário estabelecer a prioridade para as fontes de gás que se desejam estimular, considerando custo, conhecimento tecnológico e arcabouço regulatório.

Acrescendo a estes fatores, a emergência dos mercados de GNL nos últimos anos permitiu a integração dos mercados de GN, uma vez que sua forma de transporte permite que produtores de GN atinjam os consumidores apesar das limitações geográficas (IGU 2014, Vivoda 2014). Desta maneira, o acesso a recursos de diferentes países aprofundou a discussão sobre a viabilidade da produção de GN não convencional, reduzindo o debate mundial na exploração de shale gas e desacelerando a velocidade esperada do início da sua exploração fora dos EUA.

Outro fator de mercado é o crescimento da participação das energias renováveis na geração de energia elétrica, que está a aumentar significativamente nos EUA e na UE, bem como a sua quota na produção de energia primária nos dois mercados (Eurostat 2016, EIA 2017, Eurostat 2014). Além da geração de energia elétrica, as renováveis ainda têm uma pequena participação nos setores de transporte e aquecimento e o aumento da sua participação pode levar à redução do consumo de GN.

No Brasil, devido às incertezas em relação aos sistemas de produção e das medidas de controlo ambiental da exploração do gás não convencional, discute-se a possibilidade de impor um horizonte de cinco anos para discussão e análise desta modalidade de exploração (Oliveira 2013), embora o primeiro leilão de blocos de gás já tenha ocorrido. Já no Reino Unido, em 2015, 75% dos blocos exploratórios da rodada de licenciamento (*15th Onshore Oil and Gas Licensing Round*) estavam relacionados a recursos não convencionais (seja *shale gas* ou *shale oil*), o que demonstra as perspectivas para a exploração de recursos não convencionais neste país (GOV.UK 2015).

CONCLUSÕES

De uma forma geral, a agenda energética de todas as nações tem como objetivo equilibrar o chamado “trilema” energético, isto é, garantir a segurança energética e a equidade energética, assegurando o uso racional e eficiente dos recursos naturais. O GN não convencional tem o potencial para se tornar uma fonte barata e confiável de combustível, mas que, entretanto, ainda tem impactos ambientais que não podem ser considerados completamente gerenciáveis.

A exploração de gás de folhelho pode ser compreendida como uma alternativa no portfólio de energia, cujo desenvolvimento foi impulsionado por eventos de "alto impacto-baixa frequência" como o acidente da mina de carvão da West Virginia (2009), o acidente na plataforma *Deepwater Horizon* no Golfo do México (2010) e os acidente nuclear em Fukushima, no Japão (2011). Como tal, após estes eventos, o GN e as energias renováveis tornaram-se agentes importantes para garantir a segurança energética no mundo.

Em relação ao mercado mundial de energia, a flexibilidade alcançada pelo crescimento das importações e exportações de GNL permitiu a inserção de novos fornecedores, sobretudo no mercado europeu, ampliando a sua oferta. Ademais, as energias renováveis podem também ser consideradas como fontes de energia substitutas desse combustível e a sua expansão pode reduzir a demanda por GN.

Ainda existem muitas incertezas sobre o futuro da exploração de recursos não convencionais no mundo, sobretudo devido ao desconhecimento acerca dos mecanismos regulatórios que deverão ser aplicados. Contudo, as grandes expectativas para um crescimento similar ao dos EUA são improváveis na maior parte do mundo, uma vez que fora deste país não se encontra

as mesmas condições regulatórias, tecnológicas e econômicas para viabilizar uma rápida expansão.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro concedido pelo projeto IBRASIL, através do financiamento da bolsa de doutoramento.

REFERÊNCIAS

- [1]-AHMADI, M. & JOHN, K. (2015). Statistical evaluation of the impact of shale gas activities on ozone pollution in North Texas. *Science of The Total Environment*, 536, 457-467. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.06.114>
- [2]-BAPTISTA, J. P. 2011. Caracterização de Formações da Bacia Lusitaniana (zona emersa) para a produção de gás natural (não convencional), Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- [3]-BARBERES, G. A., FONSECA, P. E., REIS, R. P. d., PIMENTEL, N. & AZEVEDO, M. (2014). Preliminary assessment of potential for Shale Gas in South Portuguese Zone carboniferous units. *Comunicações Geológicas*, 101(II), 737-741.
- [4]-BLOHM, A., PEICHEL, J., SMITH, C. & KOUGENTAKIS, A. (2012). The significance of regulation and land use patterns on natural gas resource estimates in the Marcellus shale. *Energy Policy*, 50, 358-369. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2012.07.031>
- [5]-BROOMFIELD, M. 2012. Support to the identification of potential risks for the environment and human health arising from hydrocarbons operations involving hydraulic fracturing in Europe.
- [6]-BURNHAM, A., HAN, J., CLARK, C. E., WANG, M., DUNN, J. B. & PALOU-RIVERA, I. (2012). Life-Cycle Greenhouse Gas Emissions of Shale Gas, Natural Gas, Coal, and Petroleum. *Environmental Science & Technology*, 46(2), 619-627. doi: 10.1021/es201942m
- [7]-CHANDRA, V. 2006. *Fundamentals of Natural Gas: An International Perspective*. USA: PennWell Corp.
- [8]-CLARKE, H., EISNER, L., STYLES, P. & TURNER, P. (2014). Felt seismicity associated with shale gas hydraulic fracturing: The first documented example in Europe. *Geophysical Research Letters*, 41(23), 8308-8314. doi: 10.1002/2014GL062047
- [9]-COLBORN, T., SCHULTZ, K., HERRICK, L. & KWIATKOWSKI, C. (2014). An Exploratory Study of Air Quality Near Natural Gas Operations. *Human and Ecological Risk Assessment*, 20(1), 86-105. doi: 10.1080/10807039.2012.749447

- [10]-CURTIS, J. B. (2002). Fractured shale-gas systems. AAPG Bulletin, 86(11), 1921-1938.
- [11]-DEEC (Department of Energy and Climate Change). Guidance on fracking: developing shale oil and gas in the UK. UK Government 2015a. Disponível em <https://www.gov.uk/government/publications/about-shale-gas-and-hydraulic-fracturing-fracking/developing-shale-oil-and-gas-in-the-uk>.
- [12]-DEEC (Department of Energy and Climate Change). 2015b. National Statistics. Edited by DECC, Energy: Chapter 1, Digest of United Kingdom Energy Statistics (DUKES). United Kingdom: DECC.
- [13]-EIA (US Energy Information Administration). 2013. Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States. Edited by USEIA, Independent Statistics & Analysis. USA: EIA.
- [14]-EIA (US Energy Information Administration). 2015. World Shale Resource Assessments. Edited by USEIA. USA.
- [15]-EIA (US Energy Information Administration). Natural Gas. EIA 2016a. Disponível em <http://www.eia.gov/naturalgas/>.
- [16]-EIA (US Energy Information Administration). Shale gas production drives world natural gas production growth. EIA 2016b. Disponível em <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=27512>.
- [17]-EIA (US Energy Information Administration). Renewable generation capacity expected to account for most 2016 capacity additions. EIA 2017. Disponível em <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=29492>.
- [18]-EPA (US Environmental Protection Agency). 2004. Evaluation of Impacts to Underground Sources of Drinking Water by Hydraulic Fracturing of Coalbed Methane Reservoirs. Translated by Office of Water. Edited by Office of Ground Water Water and Drinking. USA.
- [19]-EPA (US Environmental Protection Agency). 2010. Potential Relationships Between Hydraulic Fracturing and Drinking Water Resources USA: EPA.
- [20]-EPA (US Environmental Protection Agency). 2011. Plan to Study the Potential Impacts of Hydraulic Fracturing on Drinking Water Resources EUA: EPA.
- [21]-EPA. 2015. The Hydraulic Fracturing Water Cycle. Vol. 2015. USA: EPA.
- [22]-EUROSTAT. 2014. Energy, transport and environment indicators. EU.
- [23]-EUROSTAT. 2016. Renewable energy statistics. EU: European Union.

[24]-FINKEL, M. L. & HAYS, J. (2013). The implications of unconventional drilling for natural gas: a global public health concern. *Public Health*, 127(10), 889-893. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.puhe.2013.07.005>

[25]-GANDOSSI, L. 2013. An overview of hydraulic fracturing and other formation stimulation technologies for shale gas production, JRC Technical Reports. Luxemburgo: Joint Research Centre of the European Commission.

[26]-GOV.UK (UK Government). New onshore oil and gas licences offered. Oil & Gas Authority 2015. Disponível em <https://www.gov.uk/government/news/new-onshore-oil-and-gas-licences-offered>.

[27]-GOV.UK (UK Government). Guidance on fracking: developing shale gas in the UK. GOV.UK 2017. Disponível em <https://www.gov.uk/government/publications/about-shale-gas-and-hydraulic-fracturing-fracking/developing-shale-oil-and-gas-in-the-uk>.

[28]-GRAHAM, J., IRVING, J., TANG, X., SELLERS, S., CRISP, J., HORWITZ, D., MUEHLENBACHS, L., KRUPNICK, A. & CAREY, D. (2015). Increased traffic accident rates associated with shale gas drilling in Pennsylvania. *Accident Analysis & Prevention*, 74, 203-209. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2014.11.003>

[29]-GWPC (Ground Water Protection Council). 2009. Modern Shale Gas Development in the United States: A Primer USA: U.S. Department of Energy Office of Fossil Energy National Energy Technology Laboratory

[30]-HAMMER, R. & VANBRIESEN, J. 2012. In Fracking's Wake: New Rules are Needed to Protect Our Health and Environment from Contaminated Wastewater. USA: Natural Resources Defense Council (NRDC).

[31]-IEA (International Energy Agency). 2011. Are we entering in a golden age of gas? França: IEA.

[32]-IEA (International Energy Agency). 2012. Golden Rules for a Golden Age of Gas. Edited by OECD/IEA, World Energy Outlook Special Report on Unconventional Gas. França.

[33]-IEA (International Energy Agency). 2014. World Energy Outlook 2014. Edited by OECD/IEA. França.

[34]-IGU (International Gas Union). 2014. World LNG Report. 2014 ed. Noruega.

[35]-JARAMILLO, P., GRIFFIN, W. M. & MATTHEWS, H. S. (2007). Comparative Life-Cycle Air Emissions of Coal, Domestic Natural Gas, LNG, and SNG for Electricity Generation. *Environmental Science & Technology*, 41(17), 6290-6296. doi: 10.1021/es063031o

- [36]-JIANG, M., GRIFFIN, M., HENDRICKSON, C., JARAMILLO, P., VANBRIESEN, J. & VENKATESH, A. (2011). Life cycle greenhouse gas emissions of Marcellus shale gas. *Environmental Research Letters* Email alert RSS feed, 6(3).
- [37]-JOHNSON, C. & BOERSMA, T. (2013). Energy (in)security in Poland the case of shale gas. *Energy Policy*, 53(0), 389-399. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2012.10.068>
- [38]-KTWS (Keep Tap Water Safe). List of bans worldwide 2015. Disponível em <http://keeptapwatersafe.org/global-bans-on-fracking/>.
- [39]-MCKENZIE, L. M., WITTER, R. Z., NEWMAN, L. S. & ADGATE, J. L. (2012). Human health risk assessment of air emissions from development of unconventional natural gas resources. *Science of The Total Environment*, 424, 79-87. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.02.018>
- [40]-MORAN, M., COX, A. B., WELLS, R., BENICHO, C. & MCCLUNG, M. (2015). Habitat Loss and Modification Due to Gas Development in the Fayetteville Shale. *Environmental Management*, 55(6), 1276-1284. doi: 10.1007/s00267-014-0440-6
- [41]-MORTON, M. Q. 2013. *Unlocking the Earth - A Short History of Hydraulic Fracturing. Geoscience & Technology Explained.*
- [42]-OLIVEIRA, J. C. Deputados e cientista alertam para riscos na exploração de gás de xisto. Câmara dos Deputados 2013. Disponível em <http://www2.camara.leg.br/camaranoticias/noticias/MEIO-AMBIENTE/444297-DEPUTADOS-E-CIENTISTA-ALERTAM-PARA-RISCOS-NA-EXPLORACAO-DE-GAS-DE-XISTO.html>.
- [43]-OSHA (Occupational Safety & Health Administration). 2015. *Worker Exposure to Silica during Hydraulic Fracturing.* USA: DOL, Department of Labor.
- [44]-REZAEI, R. & ROTHWELL, M. 2015. "Gas shale: global significance, distribution and challenges." In *Fundamentals of shale gas reservoirs*, edited by Reza Rezaei. USA: Wiley.
- [45]-ROELF, W., CROPLEY, E., BROCK, J. & EVANS, D. 2016. "South Africa to start shale gas exploration in next year." Reuters.
- [46]-SOUSA, J. S., C.; Guerreiro, L.; Barberes, G.; Azevêdo, M.; Pena dos Reis, R.; Fonseca, P.; Pimentel, N., Barreto, P. 2015. *Looking for a New Player in Old Terranes - is there any shale gas potential in*
- [47]-Southern Portugal? In *European Regional Conference and Exhibition.* Portugal.
- [48]-SPELLMAN, F. R. 2012. *Environmental Impacts of Hydraulic Fracturing.* USA: CRC Press.
- [49]-SWARTHOUT, R. F., RUSSO, R. S., ZHOU, Y., MILLER, B. M., MITCHELL, B., HORSMAN, E., LIPSKY, E., MCCABE, D. C., BAUM, E. & SIVE, B. C. (2015). *Impact of*

marcellus shale natural gas development in southwest Pennsylvania on volatile organic compound emissions and regional air quality. *Environmental Science and Technology*, 49(5), 3175-3184. doi: 10.1021/es504315f

[50]-THE ROYAL SOCIETY & THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. 2012. Shale gas extraction in the UK: a review of hydraulic fracturing.

[51]-TRABUCHO-ALEXANDRE, J. 2015. "Organic matter-rich shale depositional environments." In *Fundamentals of shale gas reservoirs*, edited by Reza Rezaee, 21-45. USA: Wiley.

[52]-USGS (US Geological Survey). 2014. 2011 Oklahoma Induced Earthquake May Have Triggered Larger Quake. USA: USGS.

[53]-VENGOSH, A., WARNER, N., JACKSON, R. & DARRAH, T. (2013). The Effects of Shale Gas Exploration and Hydraulic Fracturing on the Quality of Water Resources in the United States. *Procedia Earth and Planetary Science*, 7, 863-866. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeps.2013.03.213>

[54]-VIVODA, V. (2014). LNG import diversification in Asia. *Energy Strategy Reviews*, 2(3-4), 289-297. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.esr.2013.11.002>

[55]-WERNER, A. K., VINK, S., WATT, K. & JAGALS, P. (2015). Environmental health impacts of unconventional natural gas development: A review of the current strength of evidence. *Science of The Total Environment*, 505(0), 1127-1141. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.10.084>.

PROCEEDINGS

CLME2017 / V CEM

8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia
V Congresso de Engenharia de Moçambique
Maputo (Moçambique), 4-8 Setembro 2017

SIMPÓSIO-25

ICAR-Internet das Coisas, Automação e Robótica
Aplicações de Baixo Custo

Coordenadores

Helder Araújo^{1(*)}, Edmundo Monteiro^{1(*)} e José Santos Victor^{2(*)}

¹Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Portugal

²Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal

ARTIGO REF: 6594

EVALUATION OF GROUND-TRUTH SYSTEM FOR IN CAR HUMAN BODY POSE RECOGNITION

João Borges Silva¹, Vítor Coelho², Estevão Silva², Adriano Tavares¹, João Monteiro¹, Jaime Fonseca¹, José A. Mendes^{1(*)}

¹Universidade do Minho, Depart. Eng^a Eletrónica Industrial (DEI) - Guimarães, Portugal

²Bosch Car Multimédia, Braga, Portugal

(*)Email: jose.mendes@dei.uminho.pt

ABSTRACT

With the current market trend of automated driving (AD) cars, the human occupants will dedicate their time with other tasks that are still to be considered, creating a new paradigm for future in-car human interaction and safety. With this new trend for future development, we can point out a transversal technological need, and that is Occupant Monitoring. Human body posture recognition of the occupants inside a car is very important, where relevant algorithms outputs must be evaluated/benchmarked with a ground-truth system. This ground-truth concept is related to the measurements made in cartography, where the remotely captured information (e.g. by satellites) are validated with real measurements made on the ground.

In car human body pose recognition algorithms, based on data captured by ToF (time-of-flight) cameras are to be deployed in future cars. These cameras produce an image with depth data, and come from a technological concept named LIDAR (Light Detection and Ranging), [Radke 2013]. This technology doesn't measure the time of flight, but it measures the phase angle of each pixel, reducing the range and pixel accuracy (centimeter accuracy). In the end, it is possible to have a 2D frame with depth data for each pixel, where the depth information can be highly immune to lighting conditions. There are several algorithms developed in this area, that use both depth or RGB-D (red green blue depth) data, from which it can be identified different approaches: discriminative approaches where the pose is inferred from a trained dataset of body poses (Figure 1); generative approaches that try to estimate and predict the correct joint positioning by taking time into consideration (Figure 1); and hybrid approaches that try to create a synergy from both.



Fig. 1 - Body pose recognition: (Left) discriminative[Shotton et al. 2013], (Right) generative[Ye & Yang 2016]

The validation of in car human body pose recognition algorithms, requires the adoption of a ground-truth system that measures the orientation of several axis of the human body (at least 14 joints) and possibly its position, that doesn't suffer from occlusions created by the car interior, and also must provide higher performance than the algorithms. Currently, there are several technologies that can create a good ground-truth system, each with its own pros and cons. Inertial sensors (MEMS), [TEA 2016][Xsens 2016], allow the user to obtain the 3DoF orientation of the sensor, which can relate to the body joint, it has a $(1/10)^\circ$ accuracy and doesn't need field of vision, unfortunately it can suffer from drift and magnetic sensitivity.

Vision based systems can also be a good alternative, such as, marker based systems (Vicon Mocap), [Vicon 2016], and markerless, [OrganicMotion 2016]. Vicon is a very mature and used system for ground-truth, but it suffers from high setup time and label occlusion problems (requires constant field of view). Markerless solutions do not require a lot of setup time but the accuracy is a lot worse, and also needs full field of view of the body. Electromagnetic sensors, [Polhemus 2016], achieves 6DoF (orientation and position) with the highest resolution, but are very sensitive to metals and electronics.

The main objective of this work is the creation of a toolchain (Figure 2) to evaluate the potential use of an inertial solution as a markerless and occlusion proof ground-truth system, which is a requirement for in car operation. Two inertial solutions are used concurrently with Vicon Mocap as a reference, and are evaluated with specific Key Performance Indicators (KPI) in mind, Angular and Cartesian joint deviation. There will be two specific procedures, where the KPI will be evaluated, the procedures are: Full body evaluation (FBE), and Individual segments evaluation (ISE) where we avoid the kinematic forwarding error, and only evaluate the specific joint error.

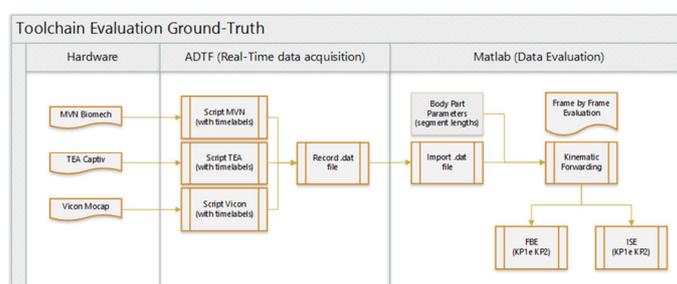


Fig. 2 - Ground-truth evaluation toolchain

The selected inertial suit, in conjunction with the ToF camera, will allow us to create a real dataset, that stores both RGB-D data with synced ground-truth data. This can be later on used for human body pose recognition algorithmic evaluation/benchmark.

REFERENCES

- [1]-OrganicMotion, 2016. OrganicMotion @ www.organicmotion.com. Available at: <http://www.organicmotion.com/>.
- [2]-Polhemus, 2016. electromagnetics @ [polhemus.com](http://polhemus.com/applications/electromagnetics). Available at: <http://polhemus.com/applications/electromagnetics>.
- [3]-Radke, R.J., 2013. COMPUTER VISION FOR VISUAL EFFECTS C. U. Press, editions.
- [4]-Shotton, J. et al., 2013. Real-time human pose recognition in parts from single depth images. Studies in Computational Intelligence, 411, pp.119-135. Available at: <https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/2016/02/BodyPartRecognition.pdf>.
- [5]-TEA, 2016. captiv-motion @ teaergo.com. Available at: <http://teaergo.com/site/en/products/manufacturers/tea/captiv-motion>.
- [6]-Vicon, 2016. Motion Capture. Available at: www.vicon.com/what-is-motion-capture.
- [7]-Xsens, 2016. MVN BIOMECH @ www.xsens.com. Available at: <https://www.xsens.com/products/mvn-biomech/>.
- [8]-Ye, M. & Yang, R., 2016. Real-time Simultaneous Pose and Shape Estimation for Articulated Objects Using a Single Depth Camera., 38(8), pp.1517-1532.

ARTIGO REF: 6622

WECO - SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO DE ECOPONTOS

Tiago Gomes^(*), Jorge Cabral

Universidade do Minho, Centro Algoritmi, Depart. de Electrónica Industrial (DEI), Guimarães, Portugal

^(*)Email: mr.gomes@dei.uminho.pt

RESUMO

A separação de resíduos para posterior reciclagem dos mesmos, tem vindo a aumentar e já faz parte do quotidiano das pessoas. Esta actividade cívica resultou num aumento da necessidade de instalação de ecopontos em locais apropriados. A Figura 1-a ilustra uma recolha típica dos contentores presentes numa ilha de ecopontos, com recolha tradicional de um ecoponto exterior (sem monitorização). De forma a garantir uma boa manutenção dos ecopontos, foi criada uma plataforma de monitorização do seu nível de enchimento, preenchendo os requisitos baixo custo de implementação, baixo custo energético, miniaturização e conectividade baseada em comunicações sem fios, que deve ser capaz de ser usada em todo o tipo de ecopontos existentes, sejam eles exteriores ou subterrâneos. Ao contrário de soluções semelhantes [1], o sistema proposto, ilustrado na Figura 1-c, apresenta módulos inteligentes de hardware e software, explorando uma arquitetura de rede e protocolos de comunicações sem fios para a Internet das Coisas [2] (Figura 2-a). Cada sensor da rede é implementado num *System-on-Chip* (SoC) da *Texas Instruments* com CPU e comunicações sem fios de baixo consumo energético, implementando o protocolo 6LoWPAN [3] sobre redes IEEE 802.15.4 [4]. Devido à natureza sem fios do sistema, os nós da rede devem ser alimentados por baterias, que devem garantir um tempo de vida do sensor, de pelo menos seis anos. A Tabela 1 ilustra os testes efectuados na avaliação da autonomia do sistema quando alimentado por uma bateria Saft LS17500 [5]. Todos os testes foram efectuados tendo em consideração um cenário em que os contentores são monitorizados 24h/dia com leitura horária e com quatro amostras por leitura (de forma a aumentar a precisão das leituras). Os resultados revelaram um tempo de vida do sistema de 6 anos, nas condições supra-citadas.



Fig. 1 - Recolha típica de uma ilha de ecopontos: (a) Recolha tradicional com ecoponto exterior; (b) Veículo de recolha equipado com sistema inteligente; (c) Sistema iWECO implementado.

A informação do nível de enchimento é obtida através de um sensor ultra-sónico instalado no interior de cada contentor que é depois enviada para o sistema remoto (Figura 2-b). Esta informação é posteriormente utilizada na criação de rotas dinâmicas e mais eficientes para os veículos de recolha (Figura 1-b), permitindo assim uma recolha programada dos ecopontos,

evitando a necessidade de uma inspeção local ao nível de enchimento, mantendo a ilha ecológica sempre limpa. Uma instalação de testes com o sistema iWECO foi implementada numa área urbana (Figura 1-c) e os dados recolhidos revelaram um bom funcionamento do sistema, com poupanças dos custos normais do processo de recolha em até 40%.

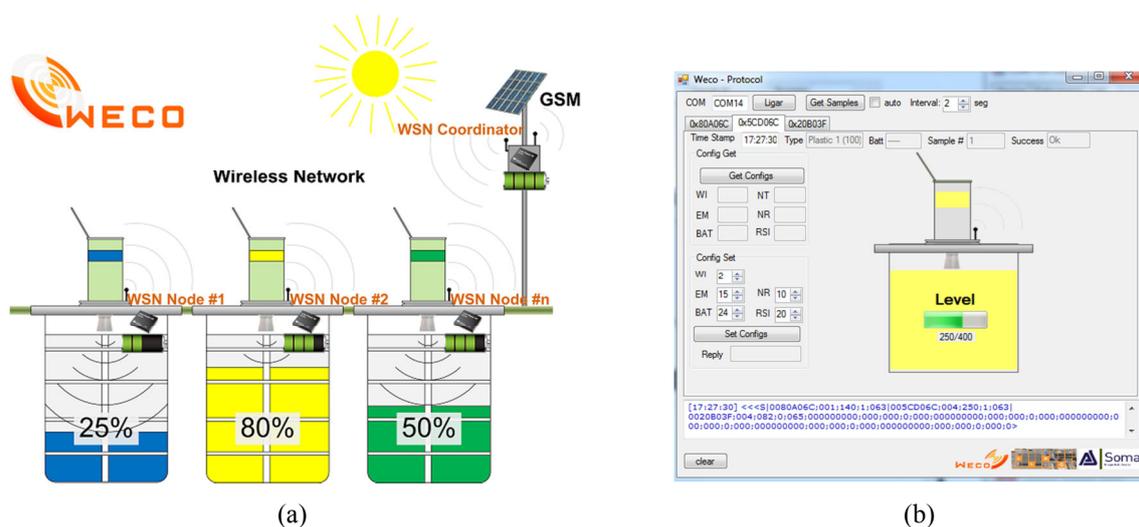


Fig. 2 - iWECO: (a) Arquitetura do sistema de monitorização; (b) Aplicação Desktop

Tabela 1 - Consumo energético do sistema iWECO com a bateria Saft LS17500

	Resultado
Consumo em operação (A)	0.05
Número de leituras diárias	24
Duração das leituras (s)	0.5
Tempo em <i>sleep</i> por hora (s)	3599.50
Consumo em sleep (A)	0.000060
Consumo médio (A-h)	0.000067
Tempo de vida (Horas/Dias/Anos)	53783/2241/6.1

REFERÊNCIAS

- [1]-M. T. Ltd. (2011) SmartBin. [Online]. Available: <http://www.smartbin.com>.
- [2]-M. R. Palattella et al., "Standardized Protocol Stack for the Internet of (Important) Things," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 15, no. 3, pp. 1389-1406, Third Quarter 2013. doi: 10.1109/SURV.2012.111412.00158.
- [3]-V. H. La, R. Fuentes and A. R. Cavalli, "A novel monitoring solution for 6LoWPAN-based Wireless Sensor Networks," 2016 22nd Asia-Pacific Conference on Communications (APCC), Yogyakarta, 2016, pp. 230-237. doi: 10.1109/APCC.2016.7581493.
- [4]-D. Yang, Y. Xu and M. Gidlund, "Coexistence of IEEE802.15.4 based networks: A survey," IECON 2010 - 36th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society, Glendale, AZ, 2010, pp. 2107-2113. doi: 10.1109/IECON.2010.5675277.
- [5]-(2011) Saft Batteries. [Online]. Available: <http://www.saftbatteries.com/>.

ARTIGO REF: 6637

LOW COST FDM 3D PRINTER WITH FUZZY - PID TEMPERATURE CONTROL AND COOLING SYSTEM

Christian Barros¹, Paul López¹, S. D. Castellanos^{1,2(*)}, Isaac Ferreira², J. Lino Alves²

¹Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, Dept. Ing. Mecánica (DECEM), Sangolqui, Ecuador

²INEGI, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, Portugal

(*)Email: svilla@inegi.up.pt

ABSTRACT

Nowadays, 3D printing is a technology well established and with a continuous growing application in various fields of engineering. Different features contribute to this technology but one of the principal reasons is certainly the development of concepts like DIY (Do It Yourself), Open Source Software, End of term of patents and the propagation of multiple 3D printing communities such as REP RAP, THINGIVERSE, 3DERS.ORG, MAKERBOTS and others [Wohlers, 2016, and Gonzales, 2016]. These communities are involved in the study, construction and integration of 3D printers, as well as providing free access software and firmware, including printer parts models for self-replication. In this way, allowed the appearance of other projects and rapid evolution of this technology. Although the advances already reached, the open source machines still show weaknesses, especially regarding mechanical stiffness, safety, and repeatability.

Currently the 3D printing systems based on FDM (Fused Deposition Modeling) process, mainly with PLA (Polylactic Acid) and ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) materials use open source control firmware such as MARLIN, REPETIER, and GRBL, among others. These systems apply a classical PID (Proportional Integral Derivative) control for heating the extruder. Heating up this element until stabilizes it for the PLA extrusion temperature, at 200 °C, takes about 180 seconds.

Actually it is common to use cooling systems on the extruder to reduce the probability of using supports and at the same time improving parts surface quality. The refrigeration system causes perturbations in the process of heating the extruder, which means that this problem must be corrected by the machine controller. A traditional PID control is not robust enough to keep a suitable and constant extrusion temperature under these conditions.

The application of new patterns and printing strategies, the usage of new types of materials, as high cost materials, propelled the idea of building our own machine. Considering the exposed scenario, the goal was developing a machine that combines the customization potential proposed by free movement with the accuracy and efficiency desired in commercial equipment's. This research presents the design and manufacturing of a low cost 3D printer (Figure 1a) and the study of the suitability of incorporation a control system that optimizes the heating process through fuzzy logic control, even combining a PID-FUZZY controller (Fig. 1b).

Figure 2 presents the extruder heating curve as a function of the time with the different control types. As one can see, the combined control allows a faster response towards a better temperature stabilization control. This effect will be analyzed in terms of printed parts mechanical properties (tensile tests) to check the advantages of using it in low cost FDM 3D printers.

It was defined that the structure would be box shaped, increasing stiffness, with two direct extruders, reducing the number of moving parts and allowing the use of two materials simultaneously. To promote stiffness and durability, some of the parts were CNC machined. As every part designed was different from any part available, the 3D modelling of this machine was important to set measurements, clearances and other important dimensions.

The equipment was developed keeping in mind future expansions and iterations that would occur.

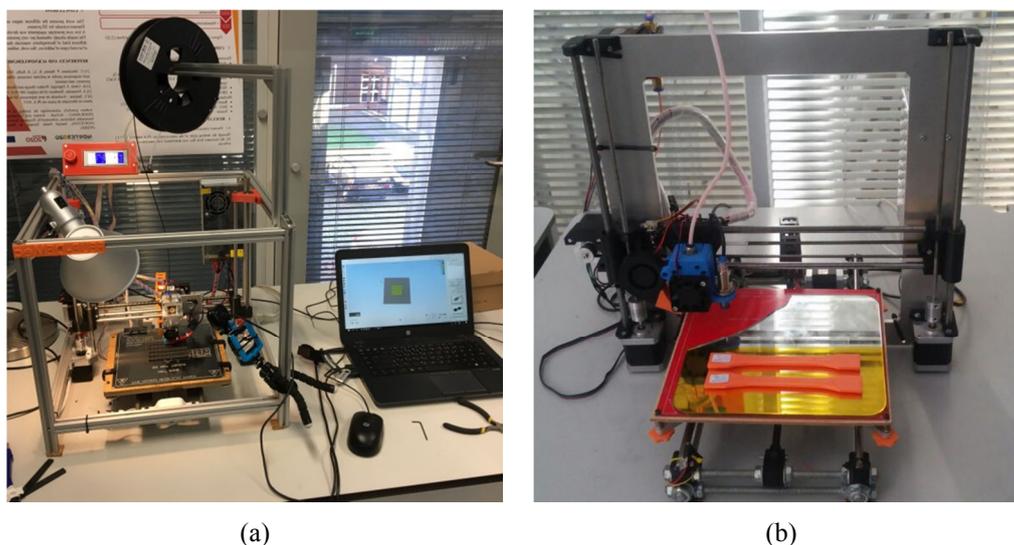


Fig. 1 - (a) 3D printer developed in the laboratory of products and services development of FEUP
(b) study of implementation of a PID-FUZZY controller.

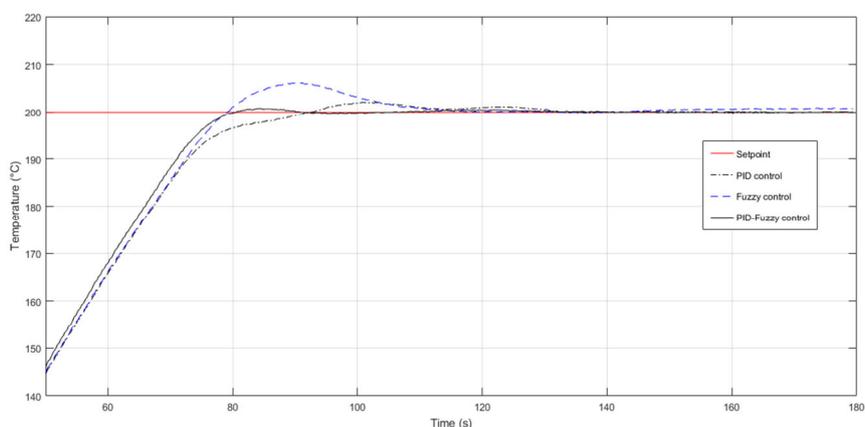


Fig. 2 - Heating curve as function of the time with different control types

REFERENCES

- [1]-Wohlers, T., Wohlers Report 2016: 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry, Wohlers Association Inc., (2015).
- [2]-González, S., Impresión 3D, Barcelona: Marcombo S.A., (2016).
- [3]-Reprap.org, RepRap Firmware heating - RepRapWiki. (online) Available at: http://reprap.org/wiki/RepRap_Firmware_heating, (accessed 13 Nov. 2016).

ARTIGO REF: 6675

PRODUTIVIDADE E QUALIDADE SUPERFICIAL DE UMA MATRIZ ASFÉRICA USINADA NUMA FRESADORA CNC

Gustavo Reinke^(*), Walter Gennari Jr.

Universidade de Brasília, Fac. de Tecnologia, Depart. Eng^a Mecânica (UnB-ENM) - Brasília, Brasil

^(*)Email: gustav.reinke@gmail.com

RESUMO

Superfícies de forma livre são frequentemente definidas como superfícies que contêm uma ou mais superfícies não planas ou não quadradas, geralmente representadas por modelos paramétricos [Campbell e Flynn, 2001]. Na usinagem de uma superfície de forma livre é importante o controle de três ou mais eixos de forma simultânea, o que torna a utilização do sistema CAM indispensável.

A qualidade da usinagem de uma superfície de forma livre é medida através do conceito de tolerância, onde limites devem ser impostos, como o tamanho máximo da crista e o planejamento do caminho da ferramenta de corte [Lasemi *et al.*, 2010]. Rugosidade superficial, que caracteriza a qualidade de uma peça usinada, é uma irregularidade ou erro microgeométrico que geralmente, inclui as marcas de avanço da ferramenta, aresta postiça de corte (APC) e desgaste da ferramenta. Pode ser controlada por alguns parâmetros [Whitehouse, 2003] como a máquina-ferramenta, as propriedades do material da peça e da ferramenta, a geometria da ferramenta de corte e o processo de usinagem atribuído.

Em operações de acabamento, a escolha dos parâmetros não é feita relativamente à máxima taxa de remoção de material, mas para menores forças de corte, melhor qualidade superficial e precisão dimensional, com desgastes de ferramenta relativamente pequenos [Toh, 2004]. Foram realizados testes num centro de usinagem CNC, que consistiram na fabricação de cavidades esféricas em blocos de aço para moldes VP100 (Villares Metals), na forma de blocos nas dimensões de 100 mm x 100 mm x 42 mm (Figura 1), previamente faceado. Foram utilizadas pastilhas de metal duro “ball nose” (Sandvik Coromant) revestido com TiAlN.



Fig. 1 - Dimensões da peça e da cavidade

Foram usinadas quatro peças em operações de desbaste, sendo duas com uma estratégia de corte (zig-zag) e outras duas com outra estratégia (espiral). Após a operação de fresamento de desbaste, cada peça foi usinada na condição de acabamento. Para a análise de qualidade final da peça, produtividade e desgaste das ferramentas, foram considerados como parâmetros de saída o tempo de usinagem, a rugosidade superficial (Ra e Rz) e o desgaste da ferramenta (VBmáx).

Pela Tabela 1, observa-se que os valores de R_a estão próximos de $0,60 \mu\text{m}$ para as duas estratégias de desbaste. Os valores foram ligeiramente menores quando se empregou a estratégia Zig-Zag tanto para o parâmetro R_a , quanto para R_z (Reinke, 2013), típicos de operações de fresamento de acabamento de moldes.

Tabela 1 - Parâmetros de rugosidade obtidos em função das condições estabelecidas na condição de desbaste.

Percurso da Ferramenta	Zig-Zag		Espiral	
	$R_a (\mu\text{m})$	$R_z (\mu\text{m})$	$R_a (\mu\text{m})$	$R_z (\mu\text{m})$
Rugosidade	0,50	3,56	0,63	4,12
	0,52	3,15	0,72	3,95
	0,68	4,24	0,79	4,73
	0,56	3,50	0,56	3,28
	0,74	5,20	0,62	6,33
Desvio Padrão (μm)	0,10	0,81	0,09	1,15
Média (μm)	0,60	3,93	0,66	4,48

A Figura 2 mostra que, apesar da grande diferença de produtividade entre cada uma das estratégias de corte (percurso da ferramenta) - variando de 6361 segundos a 11.310 segundos - os valores de desgaste das ferramentas variaram muito pouco (de $0,0502\text{mm}$ a $0,0679\text{mm}$). Isso indica que a estratégia de corte (percurso da ferramenta) é o principal fator determinante da produtividade.

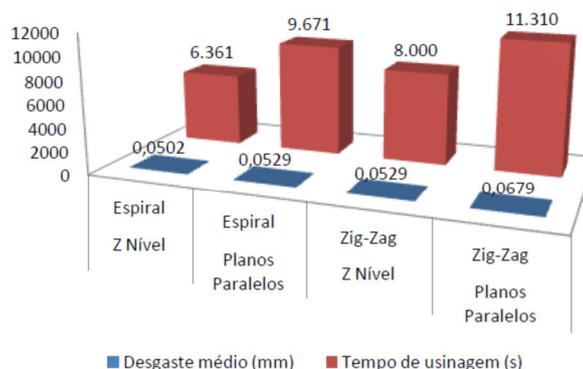


Fig. 2 - Relação entre desgaste da ferramenta e tempo de usinagem.

REFERÊNCIAS

- [1]-Campbell, R.J. & Flynn, P.J., A Survey of Freeform Object Representation and Recognition Techniques. *Computer Vision and Image Understanding*, 81(2) 166-210 (2001).
- [2]-Lasemi, A., Xue, D. & Gu, P., Recent Development in CNC Machining of Freeform Surfaces: A State-of-the-Art Review. *Computer Aided Design* (42), 641-654 (2010).
- [3]-Reinke, G., Fresamento de um Molde para Lente Asférica com Diferentes Estratégias com o Auxílio do Software CAD/CAM, Trabalho de Conclusão de Curso, FEMEC, Universidade Federal de Uberlândia, MG (2013).
- [4]-Toh, C.K., A Study of the Effects of Cutter Path Strategies and Orientations in Milling, *Journal of Materials Processing Technology*, 152 (2004).
- [5]-Whitehouse, D.J., *Handbook of Surface and Nanometrology*, ed. Bristol: Institute of Physics publ., 8-13 (2003).

ARTIGO REF: 6716

GESTÃO PATRIMONIAL, SEGURANÇA HUMANA OU ELECTRÓNICA

Ivan Lourenco^(*), Beloward Perreira

Universidade de Eduardo Mondlane, Faculdade de Engenharia, Maputo, Moçambique

^(*)Email: ilourenco0@gmail.com

RESUMO

Na sociedade actual, a necessidade de segurança tem se tornado cada vez mais preocupante, devido aos crescentes factores de risco, muita das vezes associados aos factores políticos e económicos. Durante vários anos foi sempre utilizada a vigilância humana como a medida de segurança para garantir a protecção de pessoas e bens, principalmente nos acessos aos edifícios. Contudo, esta medida torna-se cada vez mais frágil e onerosa quando se trata de protecção de patrimónios.

INTRODUÇÃO

A segurança é uma das necessidades básicas do ser humano, depois das fisiológicas, e, quando bem satisfeita, contribui positivamente para a sua qualidade de vida. Entretanto, a segurança referida aqui, é a segurança no sentido lato, ou seja, não apenas a segurança contra a violência e a criminalidade, mas também a segurança contra qualquer outra ameaça ou perigo.

Na gestão de um património, são envolvidas diversas áreas, dentre elas a segurança, que tem como objectivo garantir o estado de seguro de pessoas e bens. Actualmente quando se pensa na segurança, tem-se a possibilidade de optar entre vigilância humana ou/(e) electrónica. Entretanto, a aplicação de cada uma dessas alternativas poderão obter-se resultados distintos dependendo do tipo de gestão do património. Assim sendo, nos capítulos seguintes serão apresentados os possíveis modelos de segurança aplicáveis na gestão de segurança de um património, os seus conceitos e uma breve análise comparativa, que possa orientar aos leitores na escolha do modelo de segurança a optar dependendo da organização do património.

SEGURANÇA PATRIMONIAL

É um conjunto de medidas e práticas de segurança capazes de garantir abrigo do estado seguro do património de uma organização.

Considera-se **estado seguro**, o refúgio de quaisquer perigos, dano ou risco.

Segundo José Marcondes, 2015, considera-se **património** aos bens, o poderio económico, a universidade de direitos que tenham expressão económica para o seu proprietário.

A segurança patrimonial, dependendo da gestão de cada organização poderá ser estruturada nos seguintes **modelos de segurança**:

- Humana;
- Electrónica; e
- Conjunto humana e electrónica

Os resultados obtidos com a aplicação de cada um dos modelos de segurança são distintos e que merecem a sua observação discriminada.

Segurança humana

É um modelo de segurança utilizado durante vários anos, como forma de garantir a protecção de pessoas e bens, através, principalmente, do controlo no acesso aos edifícios. Caracteriza-se pelo emprego permanente de vigilantes armados ou não, de forma preventiva, reagindo á um possível evento de perigo ou dano.

Neste modelo poderão ser adoptados objectos físicos por forma a barrar os acessos e delimitar o perímetro. Como é o caso de cercas, vedações, portas, etc.

Actualmente o modelo ideal aplicado da segurança humana basea-se no esquema da Figura 1.

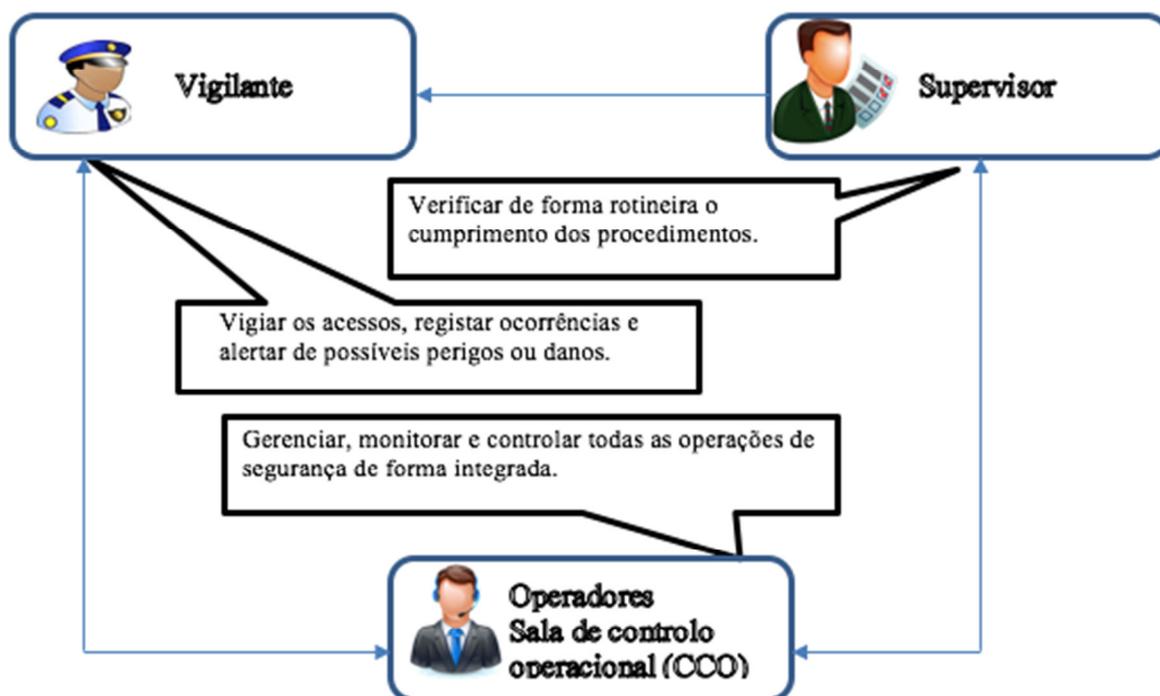


Fig. 1 - Estrutura actualmente aplicada para segurança humana.

Segurança Electrónica

O modelo de segurança electrónica baseia-se no mesmo conceito da segurança humana, porém caracteriza-se pela utilização de equipamentos ou sistemas electrónicos, integrados ou dissociados, para detecção dos eventos de risco e denunciar de forma alarmística através de diferentes tipos de alertas (visual ou sonoro), a presença de intrusos em áreas protegidas.

Alguns exemplos de sistemas de segurança electrónica são os sistemas de alarme de intrusão, as cercas electrificadas e os circuitos fechados de televisão, muitas vezes designados por CCTV ou CFTV. Cada um destes sistemas é desenhado de modo a cumprir com certos requisitos e, sempre que for necessário, eles podem ser combinados resultando assim num outro sistema mais potente.

Conjunto de segurança humana e electrónica

Este modelo pode ser subdividido em duas conjugações diferentes:

Segurança humana e sistemas electrónicos

Baseia-se na aplicação do mesmo modelo da segurança humana (com o esquema vigilante humano, supervisor e operadores da CCO) e sistemas electrónicos para controlo do mesmo património, no qual as actividades do vigilante humano são auxiliadas directamente pelos sistemas electrónicos (detecção de eventos de risco). Nesta conjugação, na gestão de um vasto património, os sistemas electrónicos poderão funcionar de forma dissociada.

Segurança Electrónica e operadores da CCO (Sistemas electrónicos monitorados)

Baseia-se na aplicação do mesmo conceito da segurança electrónica, porém com uma CCO em que os sistemas electrónicos são monitorados e controlados remotamente. Está conjugação efectua directamente a substituição dos vigilantes humanos por sistemas electrónicos e uma vez que estes sistemas se podem auto supervisionar é eliminada a necessidade da supervisão rotineira, reduzindo os custos e recursos humanos.

Nesta conjugação poderá ser incrementado um serviço de resposta humana, privada (armado ou não) ou pública, de forma a reagir a um determinado evento alarmista de perigo ou dano.

ANÁLISE COMPARATIVA

O principal diferencial dos dois modelos de segurança é que a humana é vista como contratação de um serviço para garantir o estado seguro e enquanto que, a Electrónica consiste na aquisição de produtos/bens para alerta/controlo de perigo ou dano.

A análise a ser feita a estas dois modelos de segurança não visa encontrar a melhor delas e nem mostrar as fragilidades das mesmas, mas sim fazer saber as suas características e, quanto muito, poder criar condições de que as pessoas saibam escolher qual a mais adequada para o tipo de património que se pretende proteger e os riscos que possa correr.

Tabela 1 - Comparação entre a vigilância humana e sistemas electrónicos

	Segurança Humana	Segurança Electrónica
Elemento principal	Homem	Dispositivos Electrónicos
Controlo	Observação directa	Sensores
Abrangência	Acessos e locais identificados	Todo o edifício
Confiabilidade e Sigilo	Relativamente menor	Relativamente maior
Adaptação a diferentes senários	Possui capacidade de se adaptar	Funciona apenas para o que foi programado
Probabilidade de erro e falhas	Maior probabilidade	Menor Probabilidade
Tempo de Reacção	Leva alguns instantes	Instantânea
Custo	Maior custo a longo prazo	Maior custo a curto prazo
Complexidade	Simple	Complexo
Actualização	Reciclagem	<i>Upgrade</i> da tecnologia
Monitoramento remoto	Não permite	Permite

A tabela acima vem reforçar a ideia de que estes dois modelos de segurança não se podem ver como concorrentes, mas sim como duas formas funcionais que, dependendo do contexto, pode-se optar por uma em detrimento de outra.

Relação custo-benefício

Na implementação de um modelo de segurança o principal factor a considerar é a relação do custo de implementação do modelo versus custo do bem a proteger.

Quando se trata de um vasto património a aplicação da segurança humana torna-se bastante onerosa e os riscos de falhas são acrescidos (devido ao grande número de recursos humanos necessário). A contratação do serviço de **vigilante humano** e implementação do esquema ideal, tem sempre um **custo total mensal (C_{VH})** para o cliente final de:

$$C_{VH} = \text{Vigilante Humano} + \text{Supervisão} + \text{operadores CCO}$$

Em caso de implementação da **segurança electrónica** o custo para o cliente final será o custo de implementação dos sistemas electrónicos que poderá ser amortizado após um determinado período de tempo. Contudo, este modelo de segurança caracteriza-se simplesmente pela aquisição de um produto sem o serviço.

Em caso da **conjugação segurança humana e sistemas electrónicos (C_{VHE})** o custo mensal para o cliente final será:

$$C_{VHE} = C_{VH} + \text{custo mensal de amortização dos equipamentos}$$

Sendo que após o período de amortização o custo final desta conjugação é igual ao custo da segurança humana.

Para o caso dos **sistemas electrónicos monitorados** o custo total mensal (C_{VE}) para o cliente final é:

$$C_{VE} = \text{Custo mensal de amortização dos equipamentos} + \text{Resposta humana} + \text{operadores CCO}$$

Sendo que a após o período de amortização dos equipamentos electrónicos, o custo mensal passa simplesmente para o pagamento do serviço:

$$C_{VE} = \text{Resposta humana} + \text{operadores CCO}$$

Levando em consideração a confiabilidade dos sistemas electrónicos face ao homem e considerando remota a possibilidade de ocorrência de eventos de risco ou danos simultâneos (podendo uma só resposta humana estar alocada para diversos locais) a segurança electrónica monitorada apresenta melhor relação custo-benefício a longo prazo, uma vez que garante uma estrutura semelhante a da segurança humana convencional, mas com menor probabilidade erros.

Para que se tenha um sistema integrado e monitorado que permita redução de custo para na supervisão e resposta às ocorrências, existem diversos factores que deverão ser considerados e que são apresentados no capítulo seguinte.

CENTRALIZAÇÃO

Quando é pretendida a segurança electrónica como um serviço, a saída é a integração dos diversos dispositivos de segurança presentes nos diferentes locais supervisionados para uma central, que comporte todos os equipamentos necessário para troca de informação, processamento, alerta (visual ou sonoro) e armazenamento. A integração a ser feita por uma empresa do ramo de segurança vai abranger sistemas de alarme ou outros dispositivos que queiram uma resposta às ocorrências que vão observar por uma entidade capacitada e pronta a agir nesses casos.

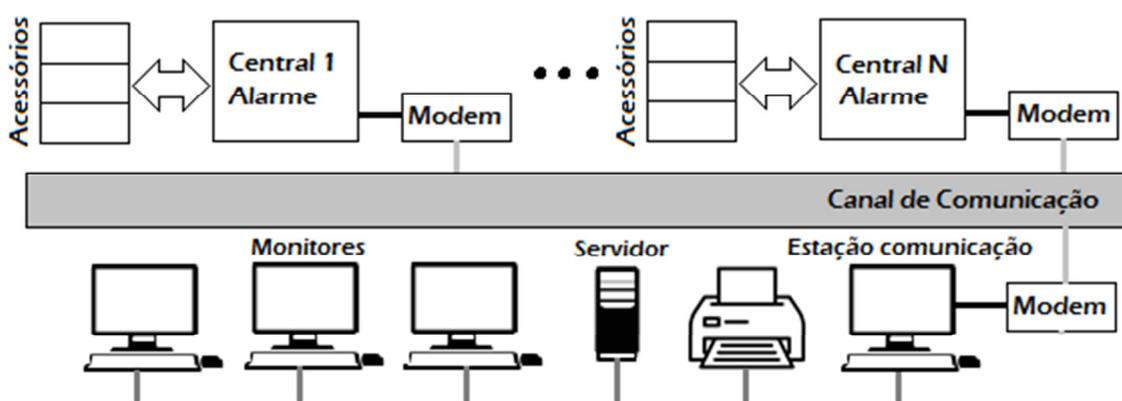


Fig. 2 - Sistema integrado de alarmes de intrusão.

A figura 2 mostra um diagrama típico de hardware para poder se concretizar um sistema integrado. Ela subdivide-se em três partes, as centrais de alarme, o meio de comunicação e o equipamento da sala de monitoramento.

Muitas das vezes cada fabricante tem particularidades diferentes e para um bom funcionamento convém que os dispositivos que são instalados nos locais a serem protegidos, os dispositivos de telecomunicação e alguns dos dispositivos da sala de controlo, sejam do mesmo fabricante. O conceito de “*Open Source*” ainda não é universal. As vezes alguns equipamentos compatíveis que foram projectados para trabalhar em conjunto, por serem de fabricantes diferentes funcionam com muitos erros.

A intervenção humana directa num sistema integrado limita-se apenas à sala de monitoramento e mesmo assim sem interferência no funcionamento normal do sistema. Só em caso de alguma ocorrência é que o humano pode tomar alguma providência.

A figura 3 esboça aquilo que é o sistema de segurança integrado e monitorado, aqui a intervenção humana faz-se sentir apenas quando há uma ocorrência no local protegido. O que acontece inicialmente com o reconhecimento dos operadores na sala de controlo que por sua vez contactam os técnicos de reacção que se deslocam ao local para se inteirarem da situação e se for necessário deter o intruso.

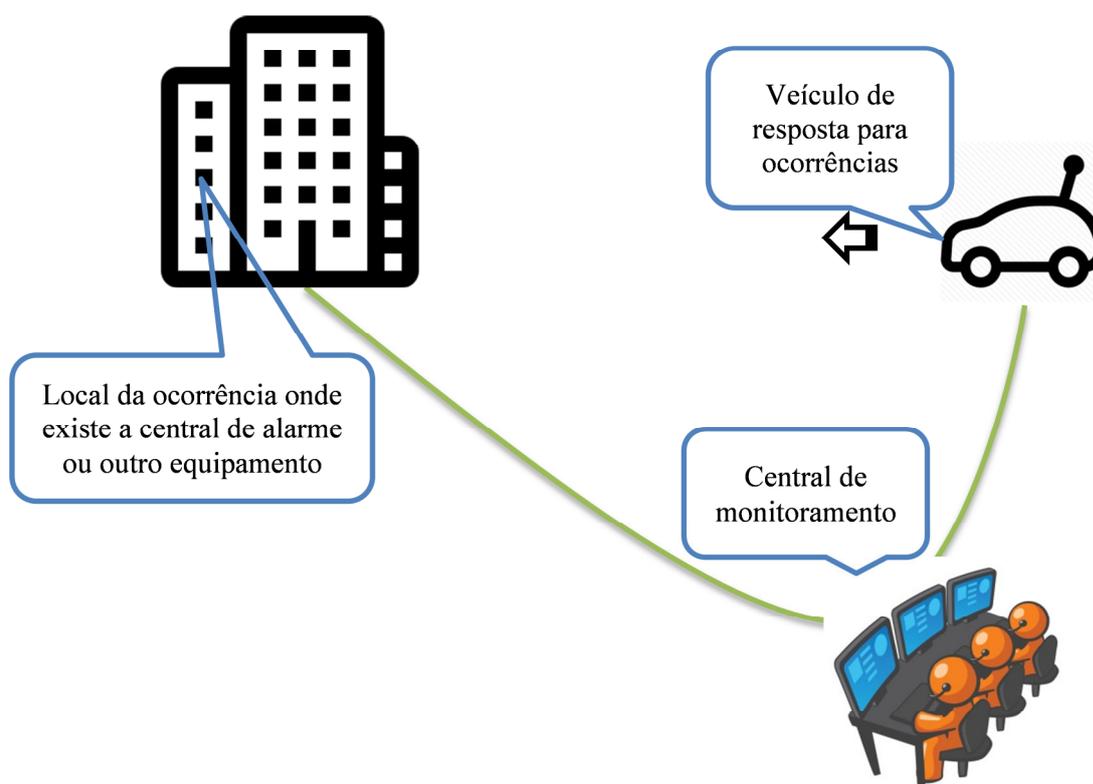


Fig. 3 - Estrutura do sistema de segurança Electrónica monitorado.

Num sistema integrado que possui uma central de monitoramento, a sala onde se encontram os equipamentos de telecomunicações e outros dispositivos centrais, deve estar muito bem protegida uma vez que a segurança dos locais protegidos depende da central, que só as ocorrências que forem observadas é que vão permitir tomar alguma acção.

A característica global da central de monitoramento para a segurança não deve fugir muito daquilo que são as características das centrais de controlo de outros sistemas com a diferença de que aqui a segurança deve ser redobrada uma vez que a integridade de muitos outros locais depende desta central.

A equipa que for trabalhar na central de controlo deve estar permanentemente a observar os eventos que chegam do campo e tomar as providencias necessárias para cada tipo de evento, os procedimentos devem estar bem claros e devem ser seguidos à risca.

Todo o equipamento fulcral da sala de controlo deve apresentar redundância de modo a garantir que a central nunca fique fora de serviço e em caso de avaria comutar-se para o equipamento redundante enquanto se resolve a avaria.

CONCLUSÕES

A segurança é um bem que, “actualmente”, ninguém se pode dar o luxo de abster-se dela. Entretanto, pela maior quantidade de oferta e diversidade da qualidade dos diferentes métodos de segurança é aconselhável, antes de optar por um dos métodos, fazer uma consultoria de forma a identificar qual é o modelo que mais se adequa àquilo que são as necessidades do momento.

Embora a segurança humana remonte de muito tempo atrás, há casos em que inevitavelmente tem que ser a escolha, pelo menos por enquanto, principalmente quando se quer tomar uma acção que requeira o instinto em função dum determinado acontecimento.

Um factor muito importante a ter em conta é a relação custo-benefício, analisando não só o custo dos diferentes métodos e sistemas de segurança, mas também o próprio património que se pretende proteger.

Na oferta da segurança electrónica como um serviço, convém optar-se sempre pela integração das diferentes unidades de modo a poder-se controlar o estado dos locais protegidos a partir de uma central de monitoramento o que torna menos oneroso e complexo o processo de controlo.

REFERÊNCIAS

[1]-Marcondes, José Sérgio: Segurança Patrimonial: Conceitos, Definições, O que faz, O que é. São Paulo, 2015. Disponível em: <http://www.gestaodesegurancaprivada.com.br/> Acesso em: 28 mar. 2017.

[2]-SOUSA, A. L., & LEAL, A. B. (2009. 128 f.: Dissertação (mestrado)). Um sistema de apoio à tomada de decisão para o monitoramento remoto de centrais de alarmes patrimoniais. Universidade do Estado de Santa Catarina, Mestrado em Engenharia Elétrica, Joinville, 2009.

ARTIGO REF: 6717

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL USANDO UMA APLICAÇÃO ANDROID

Aginaldo Hilário Samuel, Aristides Anselmo^(*), Roxan A. Cadir

Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Engenharia, Maputo, Moçambique

^(*) *Email:* anselmoaristides@gmail.com

RESUMO

A automação residencial permite-nos controlar e monitorar qualquer aparelho ou sistema na casa de forma individual ou colectiva através do agendamento automático ou fazendo alterações de improviso. Não se refere apenas a reduzir os esforços humanos, mas também a economia de recursos, comodidade e segurança.

A gestão do consumo de energia e água, os controles de iluminação, acesso, climatização, e outros, quando integrados e comandados por um sistema de automação, podem tornar o ambiente saudável e eficiente.

Neste contexto, o trabalho propõe a introdução de tecnologias abertas na automação residencial, através do desenvolvimento de uma aplicação Android e uso da plataforma de prototipagem de custo baixo e de fácil uso denominada Arduino. É apresentado a descrição do hardware e software do produto de modo que sejam implantados em um ambiente real.

O sistema é constituído de três blocos (Figura 1) que interagem entre si para executar tarefas, a saber:

(i)-Bloco do smartphone: actua como interface do utilizador no sistema, através do envio de instruções da aplicação para a unidade de controlo, portanto, pressupõe a existência de uma rede (*internet* ou *Wi-Fi*). Este executa o sistema operativo Android e hospeda a aplicação que faz a gestão dos sistemas domésticos.

(ii)-Bloco da unidade de controlo: composta do Arduino e o micro servidor web que permite o Arduino conectar-se a *internet* através de uma porta RJ45. O micro servidor é acoplado ao Arduino, e liga-se a um roteador ou *Hub* através de um cabo *Ethernet*. Este bloco é responsável por comunicar com sensores, accionar dispositivos, e emitir notificações sobre eventos do sistema.

(iii)-Bloco dos circuitos de controlo e monitorização: compostos de sensores e actuadores que executam as diferentes tarefas do sistema. Estes circuitos foram instalados numa placa de circuito e estão ligados aos pinos do Arduino através de pequenos cabos eléctricos.

REFERÊNCIAS

[1]-Android Inc. 2014. App Components | Android developers. Android developers. [Online] Android developers, 2014. <https://developer.android.com/guide/components/index.html>. [Citação: 04 de 05 de 2016.]

[2]-Augusto, Juan Carlos, et al. 2010. Ambient Intelligence and Future Trends -: International Symposium on Ambient Intelligence (ISAI 2010). s.l.: Springer -Verlag Berlim Heidelberg, 2010.

[3]-Gerhart, James. 1999. Home Automation & Wiring. s.l.: McGraw-Hill Education - Europe, 1999.

[4]-Goodwin, Steven. 2013. Smart Home Automation with Linux and Raspberry Pi. s.l.: Springer, 2013.

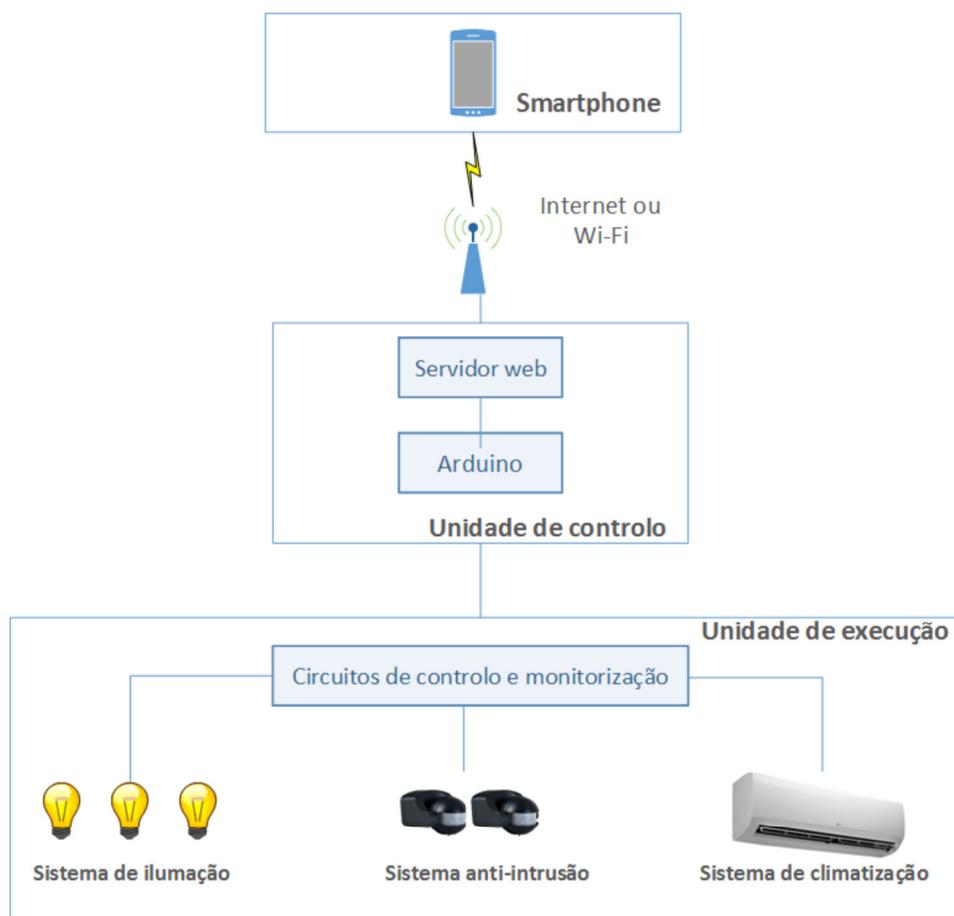


Fig. 1 - Arquitectura do sistema

ARTIGO REF: 6825

UMA ARQUITETURA PARA SUPORTAR APLICAÇÕES IoT: CASO DE ESTUDO DO PROJETO SUSCITY

João Fernandes^{1(*)}, David Perez Abreu¹, Karima Velasquez¹, Edmundo Monteiro¹, A. Gomes Martins²

¹Universidade de Coimbra, Depart. Eng^a Informática, Coimbra, Portugal

²Universidade de Coimbra, Depart. Eng^a Eletrotécnica e de Computadores, Coimbra, Portugal

(*)Email: joaonf@student.dei.uc.pt

RESUMO

Hoje em dia a sociedade está a mudar na forma como as atividades diárias acontecem. A *Internet of Things* (IoT) está a mudar a maneira como indivíduos e organizações interagem com consumidores, fornecedores, entre outros. A IoT permite a comunicação contínua entre equipamentos eletrónicos por todo o mundo através da interligação de sensores, atuadores e dispositivos a uma rede que permite recolher, trocar e interpretar as informações geradas [Borgia, 2014], movendo-se para um novo paradigma conhecido como *SmartCities*, onde as infraestruturas e serviços de comunicação regulares são reconstruídos e combinados para os tornar mais eficientes como resultado da utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (ICT) e da IoT [Zanella et al., 2014].

As *SmartCities* e a IoT têm características particulares do ponto de vista das infraestruturas e das aplicações [Atzori et al., 2010] [Cristea et al., 2013]. Os principais atributos da infraestrutura da IoT são: (1) heterogeneidade, com dispositivos diferentes variando tanto em capacidades como em características; (2) recursos limitados, sistemas embutidos com características limitadas (3) grande escala, imensidão de dispositivos capazes de interagir uns com os outros. Por outro lado, as características mais importantes das aplicações IoT são: (1) diversidade de nichos, um vasto leque de potenciais aplicações em vários domínios; (2) tempo real, havendo certas aplicações que têm períodos de latência rígidos, tais como aplicações médicas; (3) *Everything-as-a-Service* (XaaS), focado na conexão entre dispositivos; permite que o número de serviços aumente e que fiquem acessíveis online para serem usados e reutilizados.

Estão a ser realizados esforços para que o paradigma das *SmartCities* se torne real, sendo o SusCity um exemplo [SusCity, 2015], que visa propor novos serviços/ferramentas para promover o uso eficiente de recursos com impacto ambiental mínimo, bem como contribuir para um desenvolvimento económico da cidade de Lisboa, Portugal. O principal objetivo do projeto é desenvolver e implementar um *Dashboard* e Simulador de Sistemas Urbanos (USD) que permita um processo de tomada de decisão eficiente por parte das autoridades (decisores) ou cidadãos sobre o uso dos seus recursos.

O projeto SusCity foca-se em soluções específicas de *SmartCities* e a materialização desta visão requer lidar com dados provenientes de diferentes fontes, tais como veículos, cidadãos, edifícios, entre outros. Toda a informação é recolhida no USD que calcula as implicações de aplicar uma determinada medida (por exemplo, instalar um jardim na cobertura de um edifício). Nesse ambiente é gerada uma grande quantidade de dados que necessita de ser transmitida para o USD. Assim, a infraestrutura IoT torna-se um ponto crítico na arquitetura uma vez que as precisões dos resultados gerados pelo USD são altamente dependentes da disponibilidade imediata dos dados recolhidos.

Para cumprir os requisitos do projeto SusCity, foi projetada uma arquitetura IoT *SmartCity* para permitir a implementação de aplicações *smart*, garantindo suporte às principais características de um ambiente IoT e *SmartCity*. No nível da Infraestrutura IoT, sensores e atuadores podem ser anexados a dispositivos *Arduinos e Raspberry Pi* para obter dados ambientais (por exemplo: temperatura, luz, som) usando *Paho*, uma implementação cliente do protocolo *Message Queue Telemetry Transport* (MQTT) para comunicações entre dispositivos limitados. Os dados são, por sua vez, agregados e pré-processados por um dispositivo que está a executar *Kura*, uma *framework* para *gateways* IoT.

Nos níveis *Cloud and Fog*, ocorre o processamento, o armazenamento e a análise. *Kapua* é usado como *middleware* para lidar com a heterogeneidade ao nível da infraestrutura e para suportar o fluxo de dados entre as aplicações e os dispositivos físicos. Dentro da camada do *middleware*, *Hono* (API para interagir com dispositivos usando protocolos arbitrários) e *Mosquitto* (uma implementação de um servidor MQTT) são usados para a conectividade e encaminhamento das mensagens, *Leshan* para gestão de dispositivos (por exemplo: atualizações do *firmware*), *hawkBit* para registo de dispositivos e *Birt* para fornecer apoio a *dashboards* e relatórios. Por cima disso, MongoDB e Cassandra são usados para armazenar os dados, *Hadoop* é usado para a análise dos dados e *Docker* para a padronização das aplicações resultantes. Uma API *RESTful* é fornecida como uma passagem para o nível superior da arquitetura, onde se encontram as aplicações inteligentes (como é o caso do USD).

A arquitetura proposta permite a integração de diferentes fontes, fornecendo assim dados de um conjunto de variáveis para os utilizadores finais. Foi configurado, como prova de conceito, um protótipo da arquitetura. O principal objetivo é fornecer à comunidade universitária um painel que permita monitorizar vários parâmetros ambientais. Atualmente, o *dashboard* ainda está a ser construído, enquanto que as ferramentas de software de suporte e os dispositivos hardware já estão configurados e serão, posteriormente, ajustados consoante os resultados obtidos. O objetivo final da experiência com esta prova de conceito é adquirir conhecimento para, posteriormente, aplicar no design global do projeto, no Parque das Nações em Lisboa, Portugal

REFERÊNCIAS

- [1]-Borgia, E., The Internet of Things vision: Key features, applications and open issues, Computer Communications, Elsevier - Computer of Comm., vol. 54, no.1, p.p. 1-31, 2014.
- [2]-Zanella, A. & Bui, N. & Castellani, A. & Vangelista, L. & Zorzi, M., Internet of Things for Smart Cities, in IEEE Internet of Things Journal, vol. 1, no. 1, pp. 22-32, 2014.
- [3]-Atzori, L. & Iera, A. & Morabito, G., The Internet of Things: A survey, ACM - Comput. Netw., vol. 54, no. 15, pp. 2787-2805, 2010.
- [4]-Cristea, V. & Dobre, C. & Pop, F., Context-aware environments for the Internet of Things, In Internet of Things and Inter-Cooperative Computational Technologies for Collective Intelligence. New York, NY, USA: Springer, vol. 460, pp. 25-49, 2013.
- [5]-SusCity, SusCity Project. FCT - Foundation for Science and Technology, retrieved January 9th 2017 from <http://groups.ist.utl.pt/suscity-project>, 2015.

ARTIGO REF: 6869

SISTEMA DE NOTIFICAÇÃO DO TÉRMINO DO SALDO DE CREDELEC

Edson Camilo Fortes¹, Suneila Bacar Muamade², Omar Abdala Anlaue^{3(*)}

¹Universidade Eduardo Mondlane, Departamento de Electrotecnia - Maputo, Moçambique

²Escola Superior de Ciências Náuticas, Departamento de Rádio - Maputo, Moçambique

³Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Engenharia, Centro de Electrónica e Instrumentação

(*)Email: omaranlawe@gmail.com

RESUMO

O contador CREDELEC é um sistema de venda a crédito (Pré-Pagamento) de electricidade. É uma tecnologia de ponta à disposição dos consumidores, que lhes oferece a possibilidade de controlar os seus gastos de energia, isto é, permite ao consumidor decidir sobre quanto quer ou pode gastar durante um determinado período de tempo [1].

A implementação do CREDELEC pela Electricidade de Moçambique (EDM) iniciou em 1995 com um projecto-piloto que abrangeu 500 clientes [1].

A EDM previu migrar 12 500 clientes do sistema de facturação convencional para o pré-pago até ao final do ano de 2013, numa operação avaliada em 1,91 milhões de dólares. Até ao principio do mesmo ano o processo de migração para os contadores CREDELEC, que funcionam através da compra de crédito em lojas, caixas multibanco e telemóveis, estava, por enquanto, concentrado na capital moçambicana, Maputo, onde a EDM conta com 261 724 clientes, dos quais 91% já cobertos pelo sistema pré-pago. Actualmente o sistema de CREDELEC abrange 1 200 000 clientes em todo território Moçambicano o que representa cerca de 86% dos consumidores de energia eléctrica [2].

Actualmente o sistema de pagamento de energia eléctrica pós-pago está a entrar em desuso devido à sua inflexibilidade em relação aos mecanismos de cobrança e pagamento e alteração ou manipulação da contagem (redução da contagem de kWh). Este sistema de pagamento pós-pago, usa contadores de energia eléctrica mecânicos com base em transformadores de tensão e corrente que induz uma corrente eléctrica sobre um disco metálico que por sua vez, faz girar o seu eixo para gerar as rotações do contador. Com a ascensão da electrónica surgiram contadores mais modernos baseados em microprocessadores que permitem a implementação do sistema pré-pago de energia. Com estes contadores tornou-se mais fácil efectuar o pagamento visto que este é baseado no sistema de recargas que podem ser geradas por diversos mecanismos, por exemplo, em estabelecimentos revendedores, sistemas de *online banking*, serviços de telefonia móvel e outros.

O sistema pré-pago de energia eléctrica está a ser cada dia mais usado nas residências dos Moçambicanos devido às suas grandes vantagens de manuseio do sistema e facilidades de pagamento devido à criação de diversas plataformas *online*.

Os contadores actuais de CREDELEC, usados em Moçambique, como o *Actaris ACE9000 Taurus* e os da marca *Conlog*, apresentam uma deficiência no que diz respeito à interacção Máquina-Homem, visto que só se limitam a ler o consumo de corrente e verificar se este consumo supera o saldo introduzido pelo proprietário da residência onde este foi instalado. Deste modo, o proprietário da residência deve, de antemão, realizar estimativas do seu

consumo sempre que for a recarregar, para não ser apanhado desprevenido caso o seu saldo terminar isto porque não existe nos contadores um mecanismo para chamar a atenção do proprietário da residência, por meio sonoro ou visual, quando o seu saldo está prestes a terminar para além do mostrador LCD que só permite visualizar o saldo disponível no momento.

Com o sistema de notificação do término do saldo de CREDELEC pretende-se desenvolver um dispositivo que possibilite notificar ao morador de uma residência que tenha um contador de CREDELEC instalado nesta, a aproximação do término do seu saldo de energia, ou seja, o término de kWh disponíveis para o consumo, a partir do uso de meios sonoros e o uso de plataformas IoT's (*internet of things*). Este sistema digital de propósito dedicado utiliza o micro-controlador *Atmega 328p* e um módulo GSM/GPRS, ver figura 1, para realizar a notificação do término do saldo de CREDELEC por meio de uma mensagem de texto usando o serviço de mensagens curtas (SMS).

Com o desenvolvimento deste produto irá aumentar o do grau de satisfação do utilizador visto que este não terá o inconveniente de ser surpreendido por um corte de energia devido à falta de saldo de CREDELEC.

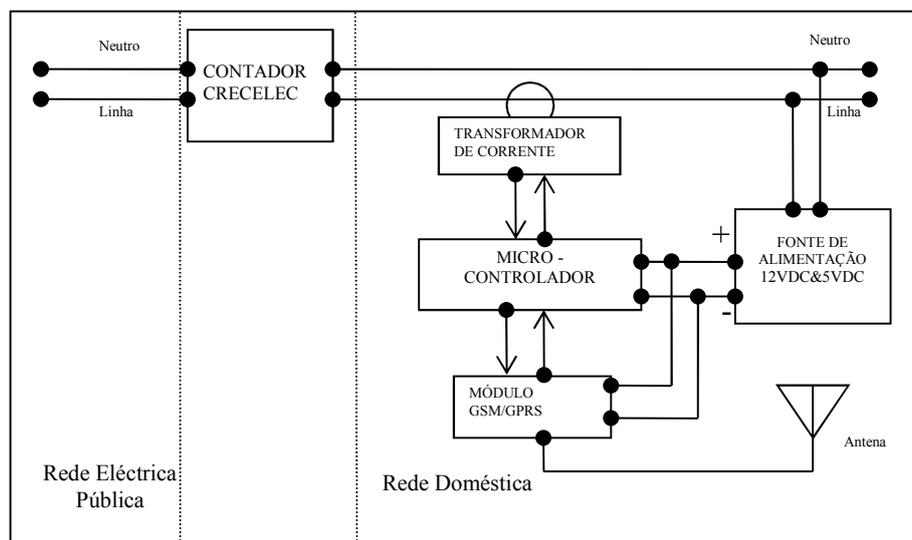


Fig. 1 - Diagrama de blocos do dispositivo de notificação do término de CREDELEC.

REFERÊNCIAS

- [1]-Electricidade de Moçambique, Contador CREDELEC. Disponível em: <http://www.edm.co.mz/index.php?option=com_content&view=article&id=63&Itemid=67&lang=pt>. Acesso em: 24, Dezembro 2016.
- [2]-Electricidade de Moçambique, CREDELEC Online. Disponível em: http://www.edm.co.mz/index.php?option=com_content&view=article&id=144:credelec-online&catid=66:projectos-comerciais&Itemid=15&lang=pt. Acesso em: 24, Dezembro 2016.
- [3]-MacauHub, Electricidade de Moçambique migra 12 500 clientes para sistema pré-pago até ao final do ano. Disponível em: <<http://www.macauhub.com.mo/pt/2014/06/13/electricidade-de-mocambique-migra-12-500-clientes-para-sistema-pre-pago-ate-ao-final-do-ano/>>. Acesso em: 22, Dezembro 2016.

ARTIGO REF: 6983

SISTEMAS DE LOCALIZAÇÃO PARA ENDOSCOPIA POR CÁPSULA

Helder Araújo^{1(*)}, Luís Perdigoto^{1,2}¹Inst. Sistemas e Robótica, Depart. Eng^a Electrotécnica e Comp., Univ. de Coimbra, Coimbra, Portugal²ESTG, Instituto Politécnico de Leiria, Leiria, Portugal

(*)Email: helder@isr.uc.pt

RESUMO

A endoscopia por cápsula é realizada por meio de um pequeno dispositivo (cápsula), que contém uma ou várias (duas) câmaras, e que dispõe da capacidade de transmitir sem fios as imagens. As câmaras são miniaturizadas e permitem obter imagens da mucosa gastrointestinal. A cápsula é engolida pelo paciente, que usa um dispositivo à cintura que permite gravar as imagens enquanto a cápsula percorre o tracto gastrointestinal. A primeira cápsula endoscópica foi desenvolvida pela empresa “Given Imaging” e começou a ser usada em 2001 [Nakamura, 2008].



Fig. 1 - Vários tipos de cápsulas endoscópicas para o exame do intestino delgado (extraído de [Li, 2014])

Um dos problemas associados à utilização deste tipo de cápsulas é o da determinação da sua localização. O conhecimento da localização precisa das lesões detectadas no tracto gastrointestinal é importante para efeitos da terapia [Duc-Than, 2012]. Por outro lado alguns dos desenvolvimentos mais recentes destes tipos de cápsulas incluem sistemas de actuação que permitem controlar o deslocamento da cápsula: tais sistemas de controlo do movimento necessitam também da informação da localização da cápsula. As duas grandes classes de métodos de localização são os baseados na intensidade do campo magnético e os baseados nas ondas electromagnéticas. Para além destes métodos existem métodos baseados em sistemas de navegação inercial, em ultra-sons e em visão por computador [Ciuti, 2010]. As vantagens dos métodos de localização com base na intensidade do campo magnético decorrem do facto de que os campos magnéticos estáticos ou de baixa frequência podem atravessar tecido humano sem sofrerem atenuação significativa. Por outro lado, a localização com base no campo magnético é um método que tem a vantagem de não ser em linha de vista [Duc-Than, 2012]. O facto de a interacção entre o campo magnético e o corpo humano ser negligenciável pode também ser explorada para o desenvolvimento de sistemas de actuação e locomoção. Para um sistema de localização magnético é necessária uma fonte de campo magnético e um sensor. Uma forma de desenvolver um sistema deste tipo é integrar um íman permanente na cápsula e

usar sensores colocados fora do corpo para medir o campo magnético. É possível deduzir uma relação entre as intensidades do campo magnético e a posição e orientação do íman permanente, o que é então usado para a referida estimação. Os métodos de localização com base nas ondas electromagnéticas usam ondas rádio, raios X, e radiação gama. As outras regiões do espectro correspondem a radiação electromagnética que tem muito pouca penetração no tecido humano (micro-ondas, radiação infravermelha e radiação ultra-violeta). Como o transmissor dentro da cápsula transmite as imagens, a intensidade dos sinais de radio-frequência recebidos no exterior pode ser usada para efectuar a localização. Para esse efeito a intensidade dos sinais é medida em múltiplos sensores/antenas, e a sua variação permite determinar a localização da cápsula no interior do corpo humano. Os ultra-sons, como já referido, podem ser usados para efectuar a localização, por exemplo, por meio da medição do tempo de voo entre os impulsos de ultra-sons emitidos por uma fonte externa, e os ecos reflectidos pela cápsula. Outra possibilidade é a de usar um transdutor de ultra-sons embutido na cápsula, estando os receptores externos localizados no abdomen do paciente. Nesta configuração os sinais ultra-sónicos só precisam de atravessar o tecido humano uma vez, sendo assim possível chegar a localizações mais profundas.

Uma outra aproximação é a de se usar visão por computador para se fazer a localização da cápsula e fazer a medição odométrica do trajecto percorrido [Mackiewicz, 2011]. As cápsulas endoscópicas dispõem de leds que geram a iluminação necessária à captação das imagens. O tratamento das imagens transmitidas pela cápsula ao longo seu trajecto no tracto gastrointestinal permite a sua localização. Uma grande variedade de métodos pode user usada para fazer essa localização [Iakovidis, 2015]. Um dos métodos que permite fazer essa localização é a segmentação topográfica de video. Na segmentação de video divide-se a sequência de “frames” de video em segmentos consecutivos com conteúdo coerente. Os métodos de segmentação topográfica procuram dividir o video num conjunto de segmentos consecutivos que correspondam a partes diferentes do tracto gastrointestinal. Alguns dos métodos usados baseiam-se em aprendizagem supervisionada, fazendo o reconhecimento dessas diferentes partes, assim como das transições entre elas (junção esofagogástrica, piloro, válvula ileocecal) [Iakovidis, 2015]. Métodos baseados em estimação do movimento e em odometria visual podem também ser usados para fazer a localização. Neste artigo exploraremos um conjunto de técnicas e métodos de visão por computador especialmente ajustados à odometria visual no interior do tracto gastrointestinal.

REFERÊNCIAS

- [1]-Nakamura, T. & Terano, A., Capsule endoscopy: past, present, and future, *J. of Gastroenterology*, 43 (2008) 93-99.
- [2]-Li, Z. *et al.*, Eds., *Handbook of Capsule Endoscopy*, Springer, 2014.
- [3]-Duc-Thau, T. & Alici, G. & Zhou, H. & Li, W., A Review of Localization Systems for Robotic Endoscopic Capsules, *IEEE Trans. Biomedical Eng.*, 59-9 (2012) 2387-2399.
- [4]-Ciuti, G. *et al.*, Robotic magnetic steering and locomotion of capsule endoscope for diagnostic and surgical endoluminal procedures, *Robotica*, 28 (2010) 199-207.
- [5]-Mackiewicz M., Capsule Endoscopy - State of the Technology and Computer Vision Tools After the First Decade, in *New Techniques in Gastrointestinal Endoscopy*, Pascu, O. (Ed.), (2011), InTech.
- [6]-Iakovidis, D. & Koulaouzidis, A., Software for enhanced video capsule endoscopy: challenges for essential progress, *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology* 12 (2015) 172-186.

ARTIGO REF: 7041

GESTÃO DE GRUPOS E COMUNICAÇÃO EFICIENTE EM M2M

André Riker^(*), Marília Curado, Edmundo Monteiro

CISUC, Departamento de Engenharia Informática, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal

^(*)Email: ariker@dei.uc.pt

RESUMO

Machine-to-Machine (M2M) é um novo paradigma de comunicação que tem levado os atuais sistemas de sensoriamento e actuação em direção às redes da próxima geração. Muitos dispositivos M2M estão equipados com baterias, e portanto possuem recursos limitados de energia. Devido à escassez de recursos, é fundamental que estes dispositivos façam uso eficiente de seus recursos energéticos. Outro aspecto fundamental é garantir uma eficiente gestão de grupos de dispositivos, uma vez que várias aplicações M2M requerem a recolha de dados de um grupo de nós.

A eficiência energética e a gestão de grupos tem levado diversos órgãos de padronização e investigadores a desenvolverem soluções que reduzam o consumo energético e facilitem a gestão de grupos de dispositivos M2M. Neste contexto, alguns padrões como o *Constrained Application Protocol* (CoAP) [Shelby et al, 2014], o *IPv6 Routing Protocol for Low-power and Lossy Networks* (RPL) [Winter et al. 2012], e o *Lightweight M2M* [Tian et al 2012] têm ganho importância.

O projeto Comunicações em Redes Densas (*DenseNet*) está a ser desenvolvido na Universidade de Coimbra pelo Laboratório de Comunicação e Telemática, e está dividido em duas frentes principais de trabalho. Uma delas visa o desenvolvimento de soluções que permitam que dispositivos M2M alcancem comunicações eficientes em termos energéticos. A outra frente de trabalho foca-se em melhorar a gestão de grupos de dispositivos M2M. Os desenvolvimentos produzidos pelo projeto *DenseNet* visam o desenvolvimento de um ambiente M2M real que permita a comunicação e gestão de grupos de maneira eficiente.

Como pode ser observado na Figura 1, as tarefas relativas à gestão dos dispositivos e dos grupos estão a ser desenvolvidas na plataforma M2M e na *cloud*. As atividades para promover maior eficiência energética das comunicações estão a ser integradas nos protocolos de comunicação M2M. Isto mostra que enquanto a gestão dos dispositivos e grupos se foca principalmente no funcionamento do *gateway* M2M e nos serviços de *cloud*, os aspectos de eficiência energética das comunicações estão concentrados nos sensores e actuadores.

No contexto do projeto *DenseNet*, foram criados dois ambientes de testes. No ambiente denominado “Gestão de Grupos”, dois *Raspberry Pi*'s foram configurados como M2M *gateways*, os quais executam o *Kura* e o *Leshan*. Além disso, outros 3 *Raspberry Pi*'s desempenham a função de servidores CoAP. O *Kura* é uma plataforma para *gateways* M2M de código aberto que facilita a implementação de funcionalidades de plataformas M2M. O *Leshan* é uma implementação do padrão *Lightweight M2M* que define aspectos relacionados com a gestão de dispositivos e é compatível com o *Kura*, com implementações do CoAP e do *Datagram Transport Layer Security* (DTLS). Para cumprir os requisitos do projeto *DenseNet*, modificações no *Leshan* e no *Kura* serão propostas e implementados a fim de permitir a gestão de recurso em grupos. Isto possibilitará aos utilizadores a criação, edição e remoção de

recursos de dados fornecidos por grupos de dispositivos. Atualmente, os recursos de dados que podem ser observados pelos utilizadores estão restritos à relação um para um. Portanto, caso um utilizador queira receber notificações de dados de um grupo de dispositivos CoAP, deverá subscrever a cada dispositivo individualmente.

Outro ambiente de testes foi desenvolvido, denominado “Comunicação Eficiente”. Neste ambiente, 5 dispositivos de baixo consumo energético foram configurados com o Sistema Operativo Contiki, executando a pilha protocolar padrão M2M: CoAP, UDP, 6LowPan, RPL e IEEE 802.15.4. Dentre tais dispositivos, 4 nós Contiki atuam como servidor CoAP e 1 como RPL *border router*. Para cumprir os requisitos do projeto *DenseNet*, uma extensão ao CoAP será proposta e implementada, visando permitir a comunicação de mensagens CoAP contendo múltiplos *payloads*. A ideia neste tipo de agregação de *payloads* é que os nós façam concatenação de *payloads* à medida que múltiplos saltos sejam percorridos no transporte de dados. Isto permite a utilização mais eficiente dos recursos energéticos dos dispositivos.

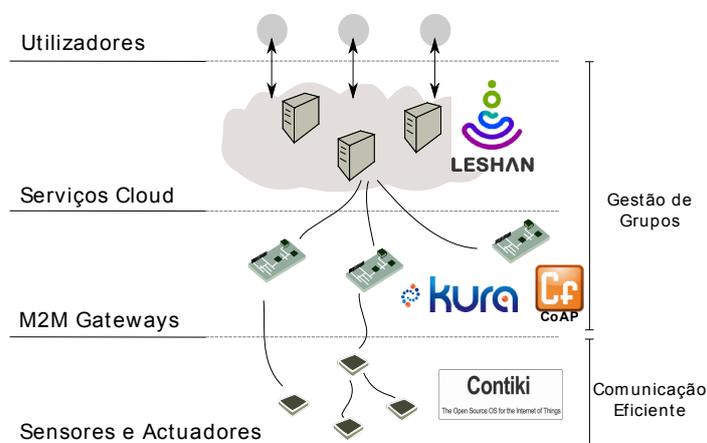


Fig. 1 - Arquitetura dos ambientes de teste do projeto *DenseNet*.

As soluções propostas permitem avanços nas áreas de gestão de recursos e dispositivos, como também no campo das comunicações eficientes. O objectivo final é a criação de um único ambiente de testes, composto por 15 nós Contiki e 3 M2M *gateways*. No ambiente de teste final serão feitas medições reais de consumo energético, além da prova de conceito da gestão dos grupos. No futuro, há intenção de testar outras soluções que estão em desenvolvimento, incluindo: fiabilidade em ambientes industriais e algoritmos de seleção de rotas baseados no consumo energético dos dispositivos.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é financiado por Fundos FEDER através do Programa Operacional Factores de Competitividade - COMPETE e por Fundos Nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito do projeto PTDC/EEI-SCR/6453/2014.

REFERÊNCIAS

- [1]-Shelby, Zach, Klaus Hartke, and Carsten Bormann. "The constrained application protocol (CoAP).", Internet Requests for Comments, 2014.
- [2]-Winter, T. "RPL: IPv6 routing protocol for low-power and lossy networks.", Internet Requests for Comments, RFC Editor, RFC 6719, September 2012.
- [3]-Tian, L. "Lightweight M2M (OMA LWM2M)." OMA device management working group (OMA DM WG), Open Mobile Alliance (OMA), 2012.

PROCEEDINGS

CLME2017 / V CEM

8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia
V Congresso de Engenharia de Moçambique
Maputo (Moçambique), 4-8 Setembro 2017

SIMPÓSIO-26

Risco, Património, Ambiente, Turismo e Desenvolvimento

Coordenadores

Cláudia Beato^{1,2(*)} e Sónia Silva^{2(*)}

¹Universidade da Beira Interior (UBI), Covilhã, Portugal

²Universidade de Cabo Verde, Praia, Cabo Verde

^(*)Editores Associados para os artigos deste Simpósio

ARTIGO REF: 6699

ARGILAS E AREIAS DE CABO VERDE COM POTENCIALIDADES PARA GEOTURISMO DE SAÚDE

A. Cerqueira, C.S. Costa, F. Rocha^(*)

Universidade de Aveiro, Departamento de Geociências, UI Geobiotec, Aveiro, Portugal

^(*)*Email: tavares.rocha@ua.pt*

RESUMO

O Geoturismo está intimamente relacionado com a Geologia Médica. Já é um conceito comum de que o corpo humano necessita de elementos químicos que podem ser obtidos de minerais, como Ca, Mg, K e Na. No entanto, podem representar também um risco de toxicidade, dependendo da dose, que pode ser letal.

O uso tópico de materiais argilosos para fins curativos tem sido documentado ao longo da história da Humanidade. Peloterapia é o uso de lama/barro para aplicações terapêuticas, internas ou externas, podendo ser definida como o "tratamento através da aplicação de uma mistura de minerais argilosos e água mineral".

A ação terapêutica da lama é devida não só à sensação de calor que induz várias reações (vasodilatação, transpiração, estimulação da frequência cardíaca e respiratória), mas também devido à ação anti-inflamatória e de troca catiónica entre lama e pele. Devido à ação anti-inflamatória, lamas termais têm sido indicadas para a recuperação de patologias músculo-osso-pele.

As ilhas de Cabo Verde são de origem vulcânica, mas ocorrem também rochas sedimentares, incluindo material argiloso e areias carbonatadas. Possui interessantes potencialidades para Geoturismo, com particular incidência na Geomedecina (Rocha & Silva, 2014).

Para o presente estudo, a amostragem foi realizada em ocorrências seleccionadas de argilas e em depósitos de areias carbonatadas, umas e outros nas ilhas da Boavista, Maio, Sal e Santo Antão, num total de 16 amostras (Figura 1).

Solos argilosos do Fogo, argilas e areias da Boavista, areias do Sal e lamas vulcânicas siltosas de Santo Antão foram submetidas a análises mineralógicas e geoquímicas, com determinação de propriedades tais como capacidade de troca catiónica, expansibilidade, índice de plasticidade, abrasividade e comportamento térmico, seguindo metodologias referidas em Quintela et al. (2012, 2014) e Rebelo et al. (2010).

As características mineralógicas e geoquímicas assim como as propriedades tecnológicas dos Geomateriais estudados permitem que os mesmos sejam considerados como tendo interesse potencial para aplicações em Geomedicina com relevante impacto geoturístico. Destacam-se, pelos valores obtidos para as propriedades relevantes, as areias carbonatadas da Boavista e do Maio, as argilas da Boavista e as lamas/lodos salinos do Sal.

REFERÊNCIAS

[1]-Quintela A., Terroso, D. Ferreira da Silva, E. Rocha, F., Certification and quality criteria of peloids used for therapeutic purposes, *Clay Minerals* 47/4 (2012), 441 - 451.

[2]-Quintela A., Costa C., Terroso D., Rocha F., Abrasiveness index of dispersions of Portuguese clays using the Einlehner method: influence of clay parameters. *Clay Minerals*, 49/1 (2014), 27-34.

[3]-Rebelo M., Viseras C., López-Galindo A., Rocha F., Ferreira da Silva E., Characterization of Portuguese geological materials to be used in medical hydrology. *Applied Clay Science* 51 (2010), 258 - 266.

[4]-Rocha F., Silva E.F., Geotourism, Medical Geology and local development: Cape Verde case study. *Journal of African Earth Sciences*, 99/2 (2014), 735-742.

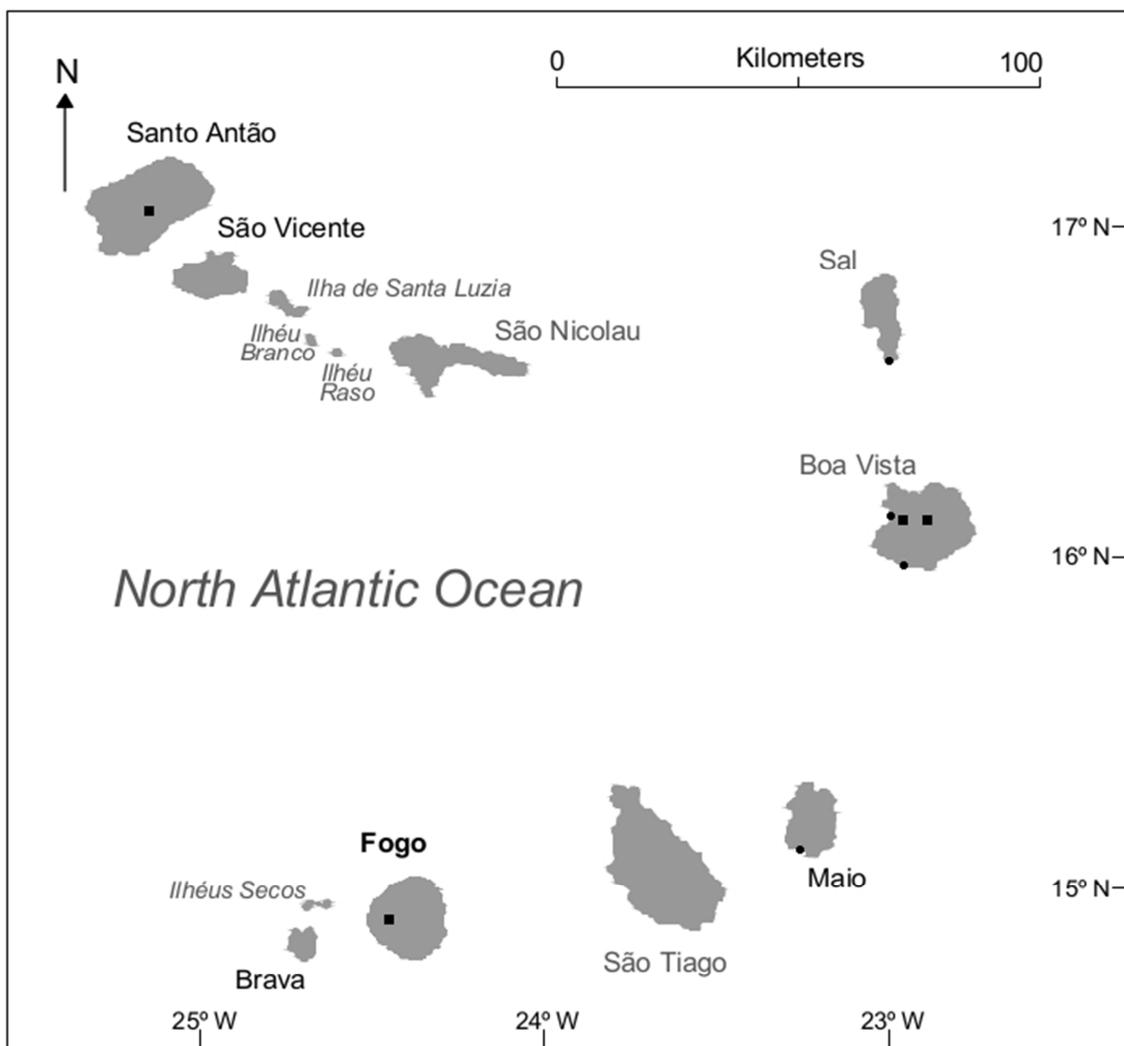


Fig. 1 - Localização da amostragem (● areias; ■ argilas).

ARTIGO REF: 6702

AVALIAÇÃO DA FORMAÇÃO DE SUBPRODUTOS DA DESINFECÇÃO NO TRATAMENTO DE EFLUENTE DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO POR FILTRAÇÃO DIRETA DESTINADA AO REÚSO

Fernando Afonso Marrengula^{1(*)}, Cristina Filomêna Pereira Rosa Paschoalato¹, Mateus Ancheschi Roveda Guimarães², Mariana Santos Silva², Renan Henrique Rocha³

¹Universidade de Ribeirão Preto SP-Brasil. Programa Doutorado em Tecnologia Ambiental

²Universidade de Ribeirão Preto SP-Brasil. Iniciação Científica de Engenharia Química

³Engenheiro Químico pela Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP-Brasil)

(*)*Email*: marrenguafonso@yahoo.com.br

RESUMO

O reúso da água reduz a demanda sobre os mananciais devido à substituição de água potável por uma água com qualidade inferior destinada a usos menos nobres. O objetivo da pesquisa foi estudar a aplicação da tecnologia de filtração direta descendente (FDD) como tratamento complementar ao efluente de uma estação de tratamento de esgoto (ETE) com vista à obtenção de água para reúso direto, não potável.

A ETE em estudo opera por processo de lodos ativados de areação prolongada. Durante um período de 12 meses foi realizado um monitoramento para avaliar a qualidade do efluente em estudo (APHA, 2005).

Os ensaios de tratabilidade de FDD foram realizados em reator estático do tipo de Jar-Test para otimização da dosagem do coagulante Sulfato de Alumínio (SA). Para a simulação da tecnologia de FDD utilizou-se colunas de acrílico preenchidas com areia classificada. A desinfecção foi realizada no efluente da ETE após ter sido submetido à etapa de coagulação e filtração em areia. A dosagem de cloro empregada foi determinada com base em ensaios de demanda com o uso de hipoclorito de sódio 12% p/v. O critério de seleção da dosagem a ser empregada na desinfecção, foi a obtenção de um teor de cloro residual livre de 1,0 mg/L.

Pelos resultados do monitoramento o efluente da ETE atende aos padrões de lançamento. Destaca-se os valores obtidos de COT de $81 \text{ mg. L}^{-1} \pm 65$, que confirmam a presença residual de matéria orgânica que são reconhecidamente precursores da formação de subprodutos halogenados.

Os subprodutos investigados foram os trihalometanos (THM), sendo: clorofórmio, diclorobromometano, dibromoclorometano e bromofórmio, a técnica analítica empregada foi cromatografia a gás com detetor de captura de elétrons.

A formação de subprodutos está associada ao tipo e dosagem de oxidantes (cloro e derivados) e à presença de precursores (matéria orgânica dissolvida e algas). O potencial de formação de subprodutos (PF 7 dias) sugere uma dosagem excessiva de cloro na água bruta (neste caso o efluente da ETE), tal que, após 7 dias de contato em condições controladas de pH 7,0 e temperatura de $25^\circ\text{C} \pm 2$, resulte um teor de cloro residual livre (CRL) entre 3,0 e 5,0 mg/L, o PF 7 dias é calculado pela diferença entre a quantidade de THM formados após tempo de contato de 7 dias ($\text{THM}_{7\text{dias}}$) e após tempo de contato de 30 minutos ($\text{THM}_{30\text{min}}$). O PF de 7 dias de THM médio obtido foi de $142,69 \pm 9,87 \mu\text{g/L}$.

Os resultados dos ensaios de FDD, obteve-se a dosagem otimizada de 15 mg.L⁻¹ de SA, com pH de coagulação de 7,80; cor aparente 18 uH de e turbidez remanescente de 0,8 uT. A demanda de cloro da água tratada por FDD com o CRL em torno de 1,0 mg Cl₂/L foi obtida para a dosagem de 4,3 mg/L⁻¹ de Cl₂. Os resultados obtidos referenciados com as recomendações da USEPA (2012) e a NBR nº13969 (1997) para reúso atendem as recomendações e a formação de THM médio foi de 0,30 µg.L⁻¹ ± 0,29.

CONCLUSÕES

Em relação aos resultados obtidos pode-se concluir que:

- A qualidade do efluente para fins de tratabilidade por FDD, não apresentou variações significativas, sendo: pH de 7,30 a 8,00, cor aparente de 40 ±10,19 e turbidez de 3,9 ± 1,3, concluindo-se pela viabilidade de estudos para a implementação da tecnologia.
- O PF 7 dias de THM foi 146,69µg/L ± 9,87, inferindo sobre o inconveniente de simples adição de cloro no efluente, fica explícito a necessidade de tratamento preliminar para remoção de matéria orgânica e inibição da formação de THM reconhecidamente indesejáveis e cancerígenos.
- Os ensaios de tratabilidade com o coagulante SA seguido de desinfecção com cloro, apresentaram resultados eficientes em relação à remoção da turbidez 1,25uT, cor aparente <1 uH, carbono orgânico total 5,056 mg C.L⁻¹ com 93,7% de remoção, inativação de 99,99% de *E. Coli* e obtendo-se um teor de cloro residual livre de 0,90 mg.L⁻¹ Cl₂ e traços de THM.
- Em relação aos requisitos de qualidade da água para água de reúso, sugere-se a irrigação de parques mediante análises do solo, recarga de aquífero, acondicionamento para o sistema de incêndio, lavagens de ruas, veículos e descargas sanitárias.

REFERÊNCIAS

- [1]-Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 13969. Projeto, Construção e Operação de Unidades de Tratamento Complementar e Disposição Final dos Efluentes de Tanques Sépticos: procedimentos. Rio de Janeiro, 57p. (1997).
- [2]-American Public Health Association (APHA); American Water Works Association (AWWA); Water Environment Federation (WEF). Standard Methods for the Examination of water and Wastewater. 20th edition. Washington, EUA (2005).
- [3]-Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 430, de 13 de maio de (2011). Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº357, de 17 de março de 2005.
- [4]-United States Environmental Protection Agency (USEPA). Guidelines for Water Reuse. EPA/600/R-12/618. Office of Water, Washington, DC, 2012.

ARTIGO REF: 6746

IMPACTES NO AMBIENTE E NAS POPULAÇÕES DO VULCÃO DO FOGO, CABO VERDE

Carla Candeias^{1,2(*)}, Paula F Ávila³, Fernando Rocha¹, Célia Alves⁴, Eduardo Ferreira da Silva¹, Casimiro Pio⁴, António Lobo de Pina⁵, João Paulo Teixeira²

¹Universidade de Aveiro, Departamento de Geociências, GeoBioTec. Campus de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal

²Instituto de Saúde Pública da Universidade do Porto, Departamento de Saúde Ambiental, EpiUnit, Rua das Taipas nº135, 4050-600 Porto, Portugal

³LNEG - Laboratório Nacional de Energia e Geologia. Rua da Amieira, Apartado 1089, 4466-901 S. Mamede de Infesta, Portugal

⁴Universidade de Aveiro, Departamento de Ambiente e Ordenamento, CESAM. Campus de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal

⁵Universidade de Cabo Verde. Av. Santo Antão, Praia, Cape Verde

(*)*Email*: candeias@ua.pt

RESUMO

Os vulcões representam um perigo para o ambiente e saúde humana. As erupções vulcânicas provocam alterações indesejáveis nos ecossistemas, clima e na saúde das populações, estando associadas a danos económicos e consequentes alterações da qualidade de vida. Nas zonas mais próximas de um vulcão existem perigos imediatos para a saúde dos habitantes, onde se inclui a inalação de gases tóxicos e de poeiras que originam doenças no sistema respiratório, olhos e pele. As poeiras vulcânicas apresentam excessivas concentrações de elementos essenciais e elementos potencialmente tóxicos (EPT) que são depositados nos solos e linhas de água sendo absorvidos pelas plantas e animais entrando, desta forma, na cadeia alimentar. A inalação de partículas respiráveis é outra forma de afectação da saúde das populações.

A ilha do Fogo, em Cabo Verde, localizada a SW do arquipélago, é um exemplo clássico de um extractovulcão activo. Apresenta uma forma quase circular, com um diâmetro de ~30 km, atingindo a altitude máxima de 2830 m no Pico do Fogo. Trata-se de uma região semiárida, com temperatura média anual de 25°C, cujas condições climáticas são favoráveis ao transporte de grandes quantidades de partículas finas e respiráveis (<10 µm) provenientes do deserto do Sahara (ventos Harmattan). Após um período de 19 anos de inactividade, a 23 de Novembro de 2014, teve início a última erupção do vulcão do Fogo que destruiu duas localidades localizadas no sopé do cone vulcânico, no entanto o lento avanço da lava permitiu a evacuação de toda a população da Chã da Caldeira. O Colaboratório para as Geociências (C4G - Portugal) colaborou com as autoridades de Cabo Verde, num esforço conjunto da monitorização multidisciplinar da erupção. Ao longo de mais de 2 meses, várias equipas de investigadores portugueses obtiveram dados geológicos, sísmicos, gravimétricos, geoquímicos e de qualidade do ar, que permitirão compreender a dinâmica do vulcão e o impacte nos ecossistemas e saúde das populações.

Este resumo foca-se no impacte causado pelas poeiras e gases expelidos durante a erupção de 2014 no ambiente e saúde. De forma a caracterizar a qualidade do ar, na campanha efectuada em 2014, foram utilizados equipamentos portáteis de recolha de material particulado inalável (<10 µm ou PM₁₀), de quantificação de materiais com diferentes granulometrias <1, 2.5, 4 e 10 µm (PM₁, PM_{2.5}, PM₄, PM₁₀), monitorização de monóxido e dióxido de carbono (CO, CO₂) e de compostos orgânicos voláteis totais (TVOC's) nas localidades com maior número

de habitantes e na área envolvente ao foco eruptivo. Foram também colhidas amostras de lava, poeiras depositadas nos telhados das habitações e solos.

Pretende-se, desta forma, compreender a dinâmica da transferência dos elementos químicos no sistema vulcão-gases-poeiras-ecossistema-humano. A *monitorização prevista, para acompanhamento da evolução da situação atmosférica* e controle de riscos quer ambientais quer para a saúde pública, impõe uma recolha periódica de amostras. Foi com este objectivo que no final do pretérito ano de 2016, dois anos após a erupção, foi efectuada nova campanha através da colheita de solos, poeiras de estrada, plantas comestíveis, poeiras respiráveis e gases atmosféricos

De referir que dois anos antes da erupção de 2014, ou seja em 2012, procedeu-se à colheita sistemática de várias amostras de solos na ilha do Fogo, tendo por objectivo a caracterização geoquímica dos mesmos. O estudo destes solos superficiais (<2 mm) permitiu a Marques et. al. (2010) estabelecer padrões geoquímicos da distribuição dos vários elementos. Os solos da sequência vulcânica possuíam elevados teores de elementos como Fe, As, Cs, Ba, K, Rb, Cs, W, Th, Zr, Hf, Ta e elementos de terras raras (ETR). A evolução temporal observada nas diferentes colheitas (2012, 2014 e 2016) em termos de variabilidade geoquímica é de extrema importância para o conhecimento e compreensão do grau de contaminação e degradação dos solos. Desta forma é possível avaliar os teores de contaminação do solo, junto ao vulcão, em relação à concentração mediana na ilha, e perceber a distribuição espacial dos elementos, assim como caracterizar as associações entre os diferentes elementos tóxicos e identificar as possíveis contaminações que migrarão entre os vários compartimentos do ambiente superficial (vulcão-gases-poeiras-plantas-animais-humanos) até à cadeia alimentar.

Durante o período da erupção observou-se a existência de uma vasta quantidade de poluentes inaláveis, gasosos e sólidos, presentes no ar e com um grande potencial gerador de efeitos nocivos para a saúde do ser humano, para os ecossistemas e biodiversidade em geral. É no entanto essencial separar a componente autóctone (ilha vulcânica), da alóctone (poeiras transportas do Sahara).

Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT - Portugal) o apoio, nomeadamente, pelo fundo extraordinário cedido durante a erupção ao C4G - Colaboratório para as Geociências, pelo projecto PTDC/GEO-GEO/1123/2014, pela Unidade de Investigação GeoBioTec UID/GEO/04035/2013 e pela bolsa SFRH/BPD/99636/2014.

REFERÊNCIAS

[1]-Marques, R., Prudêncio, M.I., Rocha, F., Ferreira da Silva, E., Pina, A. (2010). Atlas geoquímico da Ilha do Fogo, Cabo Verde. X Cong Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa e XVI Semana de Geoquímica, Porto, vol 1, p. 163.

ARTIGO REF: 6784

INVESTIMENTOS FEDERAIS EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO: ANÁLISE HISTÓRICA E PREVISÃO

Munir de Sá Mussa^(*), Renata Gomes Cordeiro, Henrique Rego Monteiro da Hora, Alline Sardinha Cordeiro Morais

Instituto Federal Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil

^(*)*Email:* munirmussa@gmail.com

RESUMO

A inovação vem sendo reconhecida como um dos fatores que impactam positivamente o desenvolvimento econômico e fortalecem a competitividade. Divulgar informações que contribuam para um melhor entendimento sobre o incentivo, sobretudo governamental, são de vital importância para a geração de inovação tecnológica. O presente artigo tem o objetivo de realizar a previsão dos investimentos em ciência e tecnologia (C&T) despendidos pelo governo federal para o período de 2014 a 2018. Para isso, foi utilizada no software CurveExpert, a técnica de regressão utilizando-se de dados dos investimentos governamentais entre os anos de 2000 a 2013. A partir do gráfico gerado foi possível obter uma análise do comportamento dos investimentos governamentais no período estudado. Concluindo que, a previsão para o período de 2014 a 2018 é de aumento nos investimentos do governo federal em duas das instituições abordadas no estudo e leve queda para outras duas.

INTRODUÇÃO

Em um ambiente econômico baseado no conhecimento e caracterizado pela existência de mercados dinâmicos e competitivos, surge um conceito para ultrapassar os desafios da busca constante pela inovação. Utilizando-se da teoria da Tríplice hélice, que tem como base a relação entre três esferas institucionais, envolvendo a universidade, a empresa e o governo, verifica-se a necessidade de cada hélice realizar o seu papel de maneira bem definida. Nesse contexto o papel do governo é bem claro: criar mecanismos para promover novas estruturas organizacionais, desenvolvimento econômico, áreas de atuação, bem como conduzir os processos de mudança. Essa relação busca, de uma forma mais eficiente, a produção de novos conhecimentos, a inovação tecnológica e o desenvolvimento econômico (ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000; THERG-BRAZIL, 2013).

Nesse contexto, com o intuito de dar conhecimento e analisar os investimentos do governo federal nesta área, este trabalho justifica-se pela importância da aplicação de recursos como fonte de promoção da inovação no país. Além disso, a análise dos investimentos do governo federal representa grande importância devido a essa fonte de investimento representar uma parte considerável dos valores despendidos em ciência, tecnologia e inovação no Brasil, conforme dados do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (2015).

De acordo com Matias-Pereira (2011) a utilização intensiva da Ciência, Tecnologia e Inovação numa economia, permite a elevação da capacidade de competir, criando empreendimentos, empresas, empregos e marcas comerciais. Nesse contexto ressalta-se o papel do governo no sentido de fomentar investimentos possibilitando maior dinamismo e movimentação na economia regional ou nacional.

O presente artigo tem o objetivo de analisar os investimentos em ciência e tecnologia (C&T) despendidos pelo governo federal entre os anos de 2000 a 2013 e realizar previsão de investimentos para os próximos cinco anos. Através do estudo realizado é possível obter uma visão do comportamento do investimento do governo federal entre o período dos anos 2000 a 2018 obtendo-se uma opção visual sobre tais investimentos.

PESQUISA & DESENVOLVIMENTO, CIÊNCIA & TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

A inovação pode ser descrita como a tecnologia que, ao ser processada por uma empresa, gera bem ou serviço que chega à sociedade. Enquanto a tecnologia não for colocada à disposição da sociedade, não pode ser considerada inovação. Portanto, o caminho para a inovação depende de uma empresa que faça a ligação entre as novas ideias e a oferta para a população. O processo inicia-se com uma pesquisa básica, geralmente feita nas universidades, seguida do desenvolvimento da tecnologia, que é a pesquisa aplicada. Então, é realizada a prova de conceito, ou seja, um modelo para teste do mecanismo. Somente neste ponto pode ser verificado se aquela tecnologia vai ser produzida em escala de demonstração, para, então, chegar à escala de mercado (SENADO FEDERAL, 2012).

Para Tidd e Bessant (2013) "a inovação é movida pela habilidade de estabelecer relações, detectar oportunidades e tirar proveito delas". Para o autor a inovação não tem importância apenas no empreendimento individualizado, mas também como fonte principal do crescimento econômico em nível nacional. E está se transformando no elemento central de políticas econômicas nacionais sendo crescente o conjunto de medidas políticas destinadas a incentivar e promover a inovação. Sendo as pesquisas financiadas em universidades um meio de promover os estudos na área de ciência e tecnologia e uma fonte e informação para tomada de decisões das empresas sobre quando e se utilizar uma nova tecnologia.

A inovação está diretamente ligada a competitividade, uma vez que, na sociedade brasileira, as limitações em estimular plenamente a inovação, nas empresas particularmente, subtraem competitividade ao país além de representar obstáculo a um maior desenvolvimento econômico. Nesse sentido é fundamental adotar uma política industrial, focada em longo prazo, na qual a inovação tenha destaque para, assim, garantir o desenvolvimento econômico e social. "A busca por novos modelos, instrumentos e arranjos organizacionais é essencial para garantirmos a consolidação do existente e a evolução para uma liderança brasileira em inovação" (CALMANOVICI, 2011). Portanto, acrescenta o autor, a capacidade de inovação é determinante para a competitividade das empresas e das nações como um todo, sobretudo em um mundo cada vez mais globalizado.

No Brasil, a inovação está inserida na política de Ciência e Tecnologia (C&T), esta é formulada e implementada pelo Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia (CCT) responsável por formular as diretrizes da política nacional de desenvolvimento científico e tecnológico.

A TRÍPLICE HÉLICE

A abordagem da Hélice Tríplice foi desenvolvida por Henry Etzkowitz e Loet Leydesdorff, e baseia-se na perspectiva da Universidade como indutora das relações com as empresas e o governo. A relação busca a produção de novos conhecimentos, a inovação tecnológica e o desenvolvimento econômico. Nesse contexto, a inovação é compreendida como o resultado de um processo complexo e dinâmico de experiências nas relações entre ciência, tecnologia,

pesquisa e desenvolvimento geradas nas universidades, empresas e nos governos (THERG-BRAZIL, 2013).

Nessa abordagem, cada hélice tem o seu papel bem definido, à universidade tem a tarefa de criar fontes de novos conhecimentos e tecnologias, estabelecer relações entre as empresas e os governos, criar novas áreas de atuação, bem como conduzir os processos de mudança. Ao governo cabe promover o desenvolvimento econômico e social através de novas estruturas organizacionais, planos políticos com metas objetivas e voltadas para inovação e conhecimento. Enfim, às empresas cabe desenvolver produtos e serviços inovadores, promover a interação com os centros de transferência de tecnologia da comunidade científica e guiar os processos de mudança (PEREIRA NETO; GALLINDO; CRUZ, 2004).

O argumento tem base na relação entre a Universidade e a Sociedade na qual Etzkowitz e Leydesdorff (2000) afirmam que a universidade estaria vivendo uma “Segunda Revolução Acadêmica”, marcada pela forte sinergia entre instituições acadêmicas e empresas. A Universidade incorpora, além do ensino e da pesquisa, uma terceira missão que é ser um ator ativo do desenvolvimento econômico para a geração de conhecimento científico e tecnológico e, conseqüentemente, inovação. Nessa abordagem, os grupos de pesquisa das universidades atuam como quase-firmas e interagem com os atores das demais hélices. O resultado é uma Universidade Empreendedora onde o relacionamento entre as hélices assume diferentes configurações: organizações de intermediação são estruturadas como incubadoras e parques tecnológicos; escritórios de propriedade intelectual e comercialização de tecnologia; redes de conhecimento; arranjos produtivos locais (APLs); e universidades corporativas entre outros (THERG-BRAZIL, 2013).

METODOLOGIA

O desenvolvimento da pesquisa pode ser dividido em quatro etapas. Após a obtenção dos dados a serem analisados, como uma primeira etapa foi realizada um pré-processamento dos dados para a eliminação de ruídos, ou seja, para retirar da análise dados que possam gerar resultados inconsistentes devido principalmente a existência de valores fora da curva (*outliers*). Para isso, foi utilizada a técnica de agrupamento em casos onde verificou-se a necessidade para tal. O método *k-means* com o valor de $k=3$ foi o algoritmo adotado no *software Weka* (THE UNIVERSITY OF WAIKATO, 2016) para o cumprimento desta etapa.

Na segunda etapa, é necessário escolher a função que será utilizada para o cálculo de regressão. Sendo assim, dentre as funções apresentadas pelo *software CurveExpert* (HYAMS, 2016), utilizado neste trabalho, foram consideradas as que apresentaram os cinco melhores coeficientes de determinação (r^2). Entre essas cinco melhores funções, as polinomiais foram excluídas da análise.

Compondo a terceira etapa foram realizados os cálculos de regressão e previsão dos valores para os cinco anos seguintes (2014 a 2018). Por fim, na quarta e última etapa foi realizada a elaboração e análise do gráfico gerado a partir dos cálculos realizados na etapa anterior.

RESULTADOS

Os dados utilizados neste trabalho foram extraídos do Portal Brasileiro de Dados Abertos, que é uma ferramenta disponibilizada pelo governo federal para que os dados e informações públicas sejam acessíveis por toda a população. Os dados utilizados, especificamente, para esta pesquisa apresentam os dispêndios do governo federal em ciência e tecnologia (C&T),

aplicados pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), por unidade orçamentária e atividade durante o período de 2000 a 2013.

A Figura 1 demonstra os valores repassados pelo governo federal às instituições analisadas no presente trabalho entre os anos de 2000 a 2013. Entre 2014 e 2018 são apresentadas as previsões dos investimentos na área de Ciência e tecnologia.

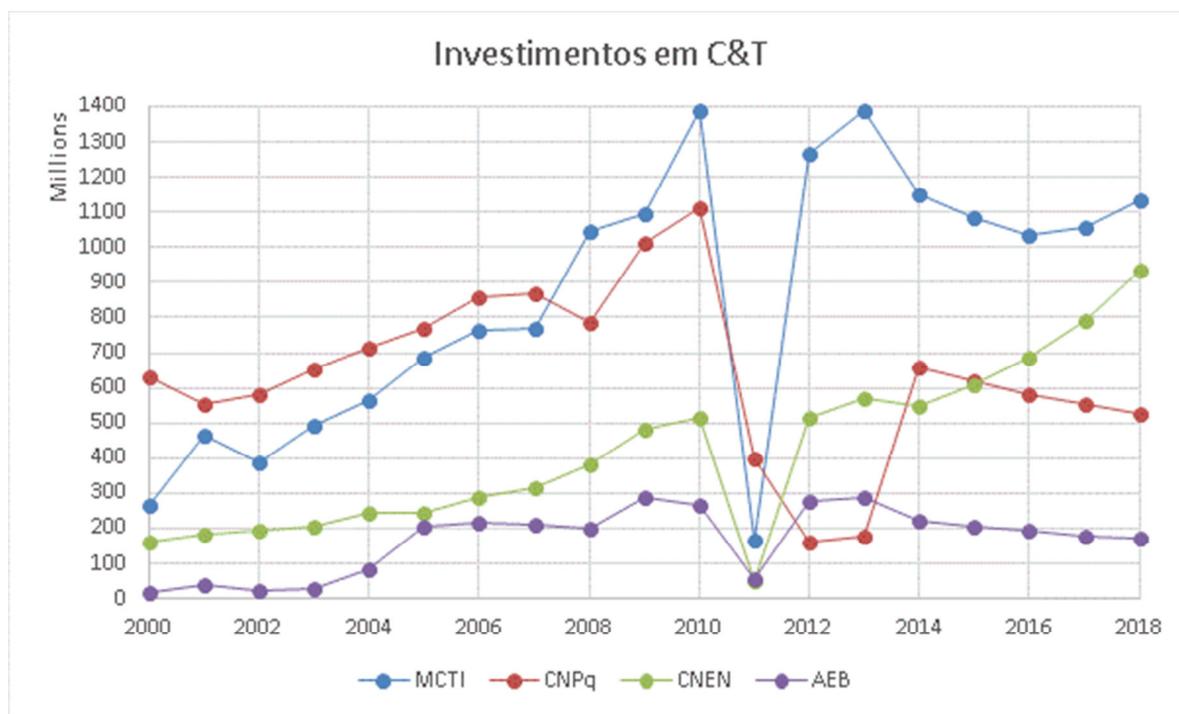


Fig. 1 - Investimentos do governo federal em C&T. Fonte: Elaboração própria baseada em (MCTI, 2016).

A Figura 1 apresenta os valores investidos pelo governo federal em C&T. É importante destacar que a queda acentuada no ano de 2011 e os valores do CNPq nos anos de 2012 e 2013 devem-se a retirada de ruídos na etapa de pré-processamento dos dados. Com relação ao CNEN e a AEB, os investimentos mantiveram-se como os menores dentre as instituições analisadas.

A partir do gráfico apresentado na figura 1 pode-se observar que os investimentos para o CNPq e para o MCTI mostram-se mais próximos, entre os anos de 2001 a 2007. Com relação ao CNEN e a AEB, os investimentos mantiveram-se como os menores dentre as instituições analisadas até o ano de 2014.

Sobre os investimentos realizados no período de 2014 a 2018, nota-se que o MCTI apresenta-se como a instituição com o maior repasse. O CNEN, de acordo com a previsão, é a instituição que deve ter o maior aumento de investimento no período. Enquanto as outras duas instituições devem sofrer leve queda nos repasses do governo federal em C&T.

Apesar do pré-processamento dos dados onde foram retirados ruídos (dados discrepantes), as quedas e elevações abruptas identificadas nos gráficos, sobretudo em 2011, contribuem para os valores previstos no período de 2014 a 2018.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com abertura de mercado e aumento da competitividade a inovação tornou-se cada vez mais necessária e exigida. A partir da teoria da Tríplice hélice, que baseia-se na relação entre

universidade, empresa e governo, torna-se claro o papel deste último componente: criar mecanismos para promover novas estruturas organizacionais, desenvolvimento econômico, áreas de atuação, bem como conduzir os processos de mudança.

O presente artigo analisou os investimentos em ciência e tecnologia (C&T) despendidos pelo governo federal entre os anos de 2000 a 2013, bem como fez uma previsão de investimentos para os próximos cinco anos. Promovendo, assim, uma visão do comportamento do investimento do governo federal entre o período dos anos 2000 a 2018.

De acordo com Matias-Pereira (2011) a utilização intensiva da ciência e tecnologia e inovação numa economia, permite a elevação da capacidade de competir, criando empreendimentos, empresas, empregos e marcas comerciais.

Ao permitir maior conhecimento e acompanhamento da evolução de indicadores no tempo, como os valores investidos pelo governo federal em C&T apresentados neste trabalho, seus resultados poderão ser utilizados de diversas formas como meio de agregar conhecimentos e explorar modos de financiamento previstos para os próximos cinco anos. Empresas, universidades e demais instituições podem estar mais atentas aos futuros investimentos gerados para as instituições analisadas.

De maneira geral, pode ser identificado que após períodos de crescimento e altas taxas de investimento e com base apenas em dados numéricos o que se prevê neste estudo é um período de aumento para o MCTI e a CNEN e leve queda para o CNPq e a AEB quanto aos investimentos do governo federal na área de C&T.

Como propostas de trabalhos futuros há a possibilidade de utilizar-se de dados de governos estaduais, a fim de aumentar o grau de refinamento da análise. Além disso, uma outra abordagem pode utilizar de comparação dos investimentos brasileiros com outros países, como forma de verificar o nível de investimento brasileiro em C&T em relação a países semelhantes.

REFERÊNCIAS

[1]-CALMANOVICI, C. E. A inovação, a competitividade e a projeção mundial das empresas brasileiras. Revista USP, v. 0, n. 89, p. 190-203, 1 maio 2011.

[2]-ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. The dynamics of innovation: From National Systems and “mode 2” to a Triple Helix of university-industry-government relations. Research Policy, v. 29, n. 2, p. 109-123, 2000.

[3]-HYAMS, D. G. CurveExpert Professional. Alabama, Estados Unidos.: [s.n.].

[4]-MATIAS-PEREIRA, J. A gestão do sistema de proteção à propriedade intelectual no Brasil é consistente? Revista de Administração Pública, v. 45, n. 3, p. 567-590, jun. 2011.

[5]-MCTI. Aumenta o investimento em C&T no Brasil. Disponível em: <http://www.mcti.gov.br/noticia/-/asset_publisher/epbV0pr6eIS0/content/aumenta-o-investimento-em-c-t-no-brasil;jsessionid=BF0B6A9337FF0D6064C697804477A8F4>. Acesso em: 23 dez. 2016.

[6]-MCTI. Brasil: Dispendios do governo federal em ciência e tecnologia (C&T), aplicados pelo MCTI, por unidade orçamentária e atividade, 2000-2014. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/5410/Brasil_Dispendios_do_governo_federal_em_ciencia_e_tecnologia_C_T_sup_1_2_sup_aplicados_pelo_Ministerio_da_Ciencia_Tecnologia_e_Inovacao_MCTI_por_unidade_orcamentaria_e_atividade.html>. Acesso em: 3 jan. 2017.

[7]-PEREIRA NETO, A.; GALLINDO, F.; CRUZ, S. R. DA. O Programa de Apoio à Pesquisa em Empresas e o Rio Inovação: uma avaliação preliminar. *Inteligência empresarial*, v. 1, n. 21, p. 4-12, 2004.

[8]-SENADO FEDERAL. Brasil quer maior fatia do mercado da inovação. *Em discussão!*, v. 3, n. 12, setembro 2012.

[9]-THE UNIVERSITY OF WAIKATO. Weka. Hamilton, Nova Zelândia: [s.n.].

[10]-THERG-BRAZIL. Triple Helix Research Group - THERG-Brazil, 2013. Disponível em: <www.triple-helix.uff.br/>. Acesso em: 16 dez. 2016

[11]-TIDD, J.; BESSANT, J. R. *Managing innovation: integrating technological, market and organizational change*. Fifth edition ed. Chichester, West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons, 2013.

ARTIGO REF: 6865

AVALIAÇÃO INTEGRADA DE MEDIDAS DE MELHORIA DA QUALIDADE DO AR EM CIDADES

Ana Isabel Miranda^(*), Hélder Relvas, Joana Ferreira, Carlos Silveira, Peter Roebeling, Myriam Lopes, Alexandra Monteiro, Carla Gama, Carlos Borrego

Universidade de Aveiro, Depart. Ambiente e Ordenamento e CESAM - Aveiro, Portugal

^(*)Email: miranda@ua.pt

RESUMO

A Organização Mundial de Saúde (OMS) identificou a poluição do ar como o maior risco ambiental para a saúde humana, estimando que cerca de 3 milhões de pessoas morram anualmente devido aos níveis de poluição atmosférica [WHO, 2016]. Os efeitos das elevadas concentrações de poluentes no ar ambiente são particularmente notórios nas áreas urbanas, onde o tráfego rodoviário, combustão doméstica e industrial são as principais fontes de poluição. De acordo com a OMS [WHO, 2016], apenas um indivíduo, em cada dez, vive numa cidade em que os níveis de qualidade do ar cumprem os valores-guia para proteção da saúde humana.

A aplicação de Metodologias de Avaliação Integrada (MAI) pode contribuir para a decisão sobre medidas de redução de emissões que visem, simultaneamente, a melhoria da qualidade do ar, a redução da exposição à poluição atmosférica e a proteção da saúde humana. As MAI têm vindo a ser trabalhadas de acordo com duas perspetivas: “análise de cenários” e “otimização”. Na Figura 1 é apresentado um esquema das duas abordagens.

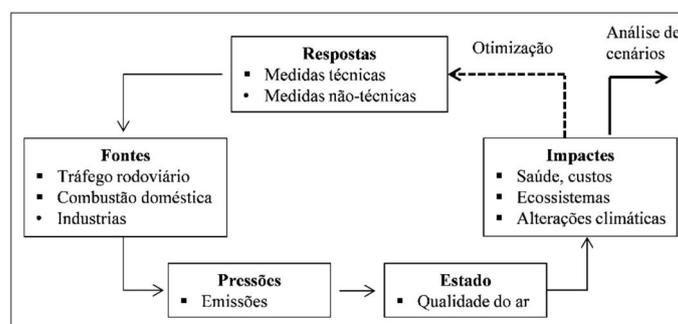


Fig. 1 - Esquema simplificado das duas abordagens utilizadas nas MAI.

Na abordagem “análise de cenários” são selecionadas medidas de redução de emissões, cujo efeito na diminuição da poluição atmosférica é quantificado através de Modelos de Qualidade do Ar (MQA). Este tipo de abordagem não garante a custo-eficácia das medidas selecionadas, sendo possível a avaliação *a posteriori* dos seus custos e benefícios (em termos de saúde). Na abordagem “otimização”, as medidas de redução de emissões são selecionadas por um algoritmo de otimização, que avalia o impacto das medidas na qualidade do ar e na saúde humana, em simultâneo com os custos de implementação dessas medidas.

O projeto MAPLIA [Miranda *et al.*, 2015], financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia, assentou na aplicação de MAI à cidade do Porto, com o objetivo de contribuir para a definição de medidas custo-eficazes de melhoria da qualidade do ar. Recorreu a dois sistemas de modelação, o sistema MAPLIA e o sistema RIAT+, que refletem a utilização das duas abordagens referidas, análise de cenários e otimização, respetivamente.

Na análise de cenários consideraram-se os custos da implementação de medidas de redução de emissões para a atmosfera e os benefícios, em termos de saúde, da respetiva melhoria da qualidade do ar [Duque et al, 2016]. A Figura 2 apresenta, a título de exemplo, os benefícios anuais para a saúde, relativamente a um cenário de referência, considerando os poluentes dióxido de azoto e partículas (PM10), resultante da implementação de medidas de redução de emissões relacionadas com a frota automóvel e com a combustão residencial.

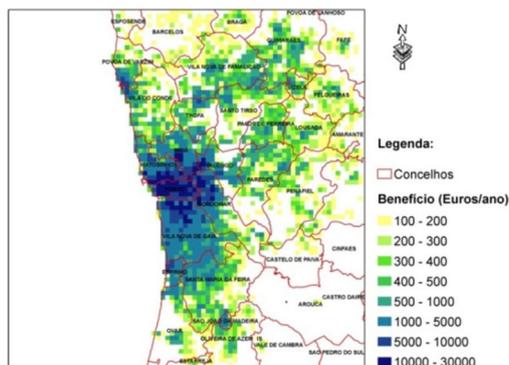


Fig. 2 - Benefício para a saúde (€/ano) aplicando o cenário de redução “veículos híbridos + lareiras”.

Conclui-se que, anualmente, os benefícios na saúde derivados de exposição a longo prazo (3,1 milhões €/ano) superam o custo médio anual relacionado com a implementação das medidas (2,8 milhões €), resultando num Rácio Benefício-Custo de 1,1.

O RIAT+ foi aplicado em modo de otimização com o objetivo de reduzir, de forma eficiente, as concentrações de partículas no Grande Porto [Miranda et al., 2016]. As medidas de melhoria, para Portugal, constantes do RIAT+, foram analisadas e selecionadas para aplicação específica no Grande Porto (e.g. introdução de lareiras eficientes, sistemas de despoeiramento de alta eficiência para a indústria, substituição de veículos antigos por veículos mais eficientes). De acordo com o RIAT+, a quase totalidade do dinheiro deve ser investida na implementação de medidas associadas à combustão residencial. O transporte rodoviário e a produção de energia podem também contribuir para a redução dos valores de PM10.

O MAPLIA revelou que o recurso a MAI permite avaliar, de forma expedita, diferentes cenários e selecionar aquele que apresenta medidas mais eficazes com o menor custo de investimento e operação, identificando também os setores económicos onde se deve atuar prioritariamente (com maior oportunidade de melhoria).

REFERÊNCIAS

- [1]-Duque, L. *et al.*, A.I. Evaluating strategies to reduce urban air pollution, *Atmospheric Environment*, 127 (2016) 196-204.
- [2]-Miranda, A.I. *et al.* (Eds) Metodologia para Avaliação Integrada da Qualidade do ar (Projeto MAPLIA). Departamento de Ambiente e Ordenamento, Centro de Estudos do Ambiente e do Mar, Universidade de Aveiro (2015).
- [3]-Miranda, A.I. *et al.*, Volta, M. Applying integrated assessment methodologies to air quality plans: Two European cases, *Environmental Science & Policy*, 65 (2016) 29-38.
- [4]-World Health Organization. Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease. Public Health, Social and Environmental Determinants of Health Department, World Health Organization, Geneva, Switzerland (2016).

ARTIGO REF: 6894

A INFLUÊNCIA DA DESCARGA DE EFLUENTES RESIDUAIS NA QUALIDADE DA ÁGUA EM ZONAS SENSÍVEIS - RIBEIRA DA PRACANA, PORTUGAL

M.T.D. Albuquerque^{1(*)}, I.M.H.R. Antunes², N.P. Oliveira³

¹Instituto Politécnico de Castelo Branco, Depart. Eng^a Civil/CERENA/FEUP - Castelo Branco, Portugal

²Universidade do Minho, Centro de Ciências da Terra/CERENA/FEUP - Braga, Portugal;

³Instituto Politécnico de Castelo Branco, Depart. Eng^a Civil - Castelo Branco, Portugal

(*)*Email*: teresal@ipcb.pt

RESUMO

A Ribeira da Pracana é um importante afluente do Rio Ocreza. O Rio Ocreza, localizado no centro de Portugal tem origem na Serra da Gardunha. Inicia-se a 1160 metros de altitude e estende-se por 80 km até desaguar no Rio Tejo. As águas da Ribeira da Pracana têm um papel importante por ser abundantemente utilizada na agricultura, a principal atividade económica dessas comunidades, e para o consumo humano.

É de crucial importância caracterizar, monitorizar e controlar o impacto das descargas das Estações de Tratamento de Águas Residuais, na qualidade da água. Este estudo centra-se na Estação de Tratamento de Águas Residuais de Proença-a-Nova, que descarrega diretamente na Ribeira da Freixada, um afluente da Ribeira da Pracana. Foram recolhidas doze amostras de água devidamente georreferenciadas, entre o ponto de descarga de efluentes residuais e a confluência com a Ribeira da Pracana (Oliveira, N. P., 2011).

Foram realizadas três campanhas de amostragem durante três épocas distintas ao longo do ano hidrológico de 2009/2010: inverno chuvoso (janeiro), condições temperadas (março) e estação seca (junho) (Figura 1).

Os parâmetros químicos analisados foram: a carência bioquímica de oxigénio (CBO₅), a carência química de oxigénio (CQO), a concentração de oxigénio dissolvido (OD), o resíduo seco, o Fósforo Total (P_{total}), o Azoto Total (N_{total}), o pH, a temperatura e parâmetros microbiológicos. A concentração de oxigénio dissolvido (OD), a carência bioquímica de oxigénio (CBO₅) e os parâmetros microbiológicos foram usados como indicadores da presença de matéria orgânica no corpo de água, e como parâmetros de avaliação da poluição ambiental (Shiklomanov, I.A., 1993; Simeonov, V. et al, 2003).

A simulação numérica da qualidade da água, ao longo da linha de água, realizou-se através da aplicação de um modelo hidrodinâmico utilizando o software QUAL2Kw (Chapra et al, 2006).

Os resultados das simulações mostram uma calibração satisfatória para todos os parâmetros, mostrando uma dependência direta com as variáveis climáticas (e.g. temperatura, precipitação) e as características hidráulicas (e.g. coeficiente de rugosidade), ao longo do curso de água.

Foi possível concluir que as descargas da ETAR de Proença-a-Nova afetam a qualidade da água da Ribeira da Freixada observando-se, no ponto de descarga altas concentrações em sólidos suspensos totais, dos coliformes fecais e da carência bioquímica de oxigénio.

O arejamento artificial das águas e o aumento do caudal durante a época quente, por armazenamento de água durante o período chuvoso, poderão contribuir para a melhoria da qualidade da água durante todo o ano hidrológico.

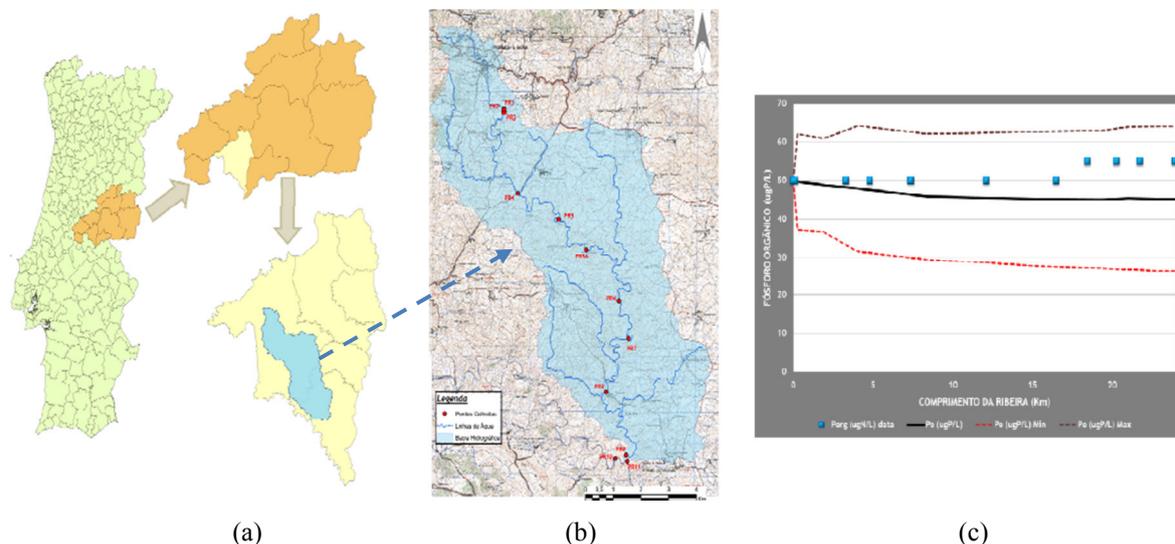


Fig. 1 - (a) Localização da bacia hidrográfica da Ribeira da Freixada; (b) Localização dos pontos amostrados (c) Resultado da calibração do fósforo orgânico (junho 2010).

REFERÊNCIAS

- [1]-Pelletier, G.J., Chapra, C.S. & Tao, H, QUAL2Kw, A framework for Modelling Water Quality in Streams and Rivers Using a Genetic Algorithm for Calibration, Environmental Modelling & Software 21 (2006) 419-425.
- [2]-Shiklomanov, I.A. (1993). World freshwater resources, in Water in Crisis: A Guide to the World's Freshwater Resources, P. H. Gleick (ed.) ISBN: 0195076281, Oxford University Press, Inc., (1993) 473 pp.
- [3]-Simeonov, V., Stratis, J.A., Samara, C., Zachariadis, G., Voutsas, D., Anthemidis, A., Sofoniou, M., Kouimtzis, Th., Assessment of the surface water quality in northern Greece, Water Research Volume 37, Issue 17 (2003) 4119-4124.
- [4]-Oliveira, N. P., Caracterização do impacte das descargas da ETAR de Proença-a-Nova na ribeira da Pracana, Castelo Branco: IPCB. EST. XI, (2011) 74 p. Dissertação de Mestrado.

ARTIGO REF: 6915

ECO-PARQUE CÔARUPESTRE - ELEMENTOS DO CONCEITO AO PROJETO

Ana C.P. Pires¹, Luís M. Ferreira Gomes^{1,2(*)}, Cláudia S.M. Beato¹

¹Universidade da Beira Interior, Faculdade de Engenharia, DECA - Covilhã, Portugal

²Geobiotec, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal

(*)Email: lmfg@ubi.pt

RESUMO

O Ecoparque CôaRupreste pretendendo sustentar a sua atividade no Ecoturismo, privilegiando a arte rupestre local, desenvolveu um projeto de uma unidade hoteleira constituída por um “acampamento rupestre” associado a espaços especiais como o monumental menir e outros, que permitam aos turistas vivências e sensações de outros tempos. No presente artigo apresentam-se os principais elementos naturais, arqueológicos e outros do local e da região que levaram à definição do conceito que esteve na base da organização dos vários elementos a construir. Apresenta-se a organização do espaço global, dando maior ênfase à organização do “acampamento rupestre”, à arquitetura dos seus bungalows inspirada nas tendas dos homens rupestres, e por fim, explanam-se os elementos de uma praça com um menir, onde se associará um espaço para albergar animais com semelhanças aos que mais marcam todo o Parque Arqueológico do Vale do Côa: cabras, cavalos e auroques, bem como uma clínica veterinária, de modo a rentabilizar o Ecoparque num todo.

INTRODUÇÃO

Preâmbulo

O projeto do Ecoparque Côa Rupreste, partiu de um conjunto de objetivos estabelecidos pela essência do próprio lugar e os mesmos levaram à necessidade de compreender o conhecimento sobre o turismo sustentável, bem como compreender as infraestruturas e os espaços rurais culturais e inovadores que potenciassem o turismo cultural/sustentável de áreas de baixa densidade populacional. Após a compreensão e estudo traçou-se um conjunto de estratégias que fossem capazes de contribuir para uma riqueza rural, de forma a estimular as práticas culturais/eco-sustentáveis, e envolvimento dos visitantes e cidadãos na prática de um comportamento cultural/sustentável. Por fim, surge a proposta arquitetónica: um equipamento hoteleiro com espaços e serviços de lazer capazes de trazer descanso e relaxe aos turistas associado a aprendizagens especiais nas áreas arqueológica e do ecoturismo.

Enquadramento Geográfico

O Ecoparque Côa Rupreste localiza-se no concelho de Mêda, distrito da Guarda, na zona Centro-Norte de Portugal (Fig.1). Próximo do Ecoparque localiza-se o Parque Arqueológico do Vale do Côa (PAVC). Esta é uma zona que foi demarcada em 1994 como Património da Cultura da Humanidade, devido ao encontro de vestígios e arte paleolítica nesta região.

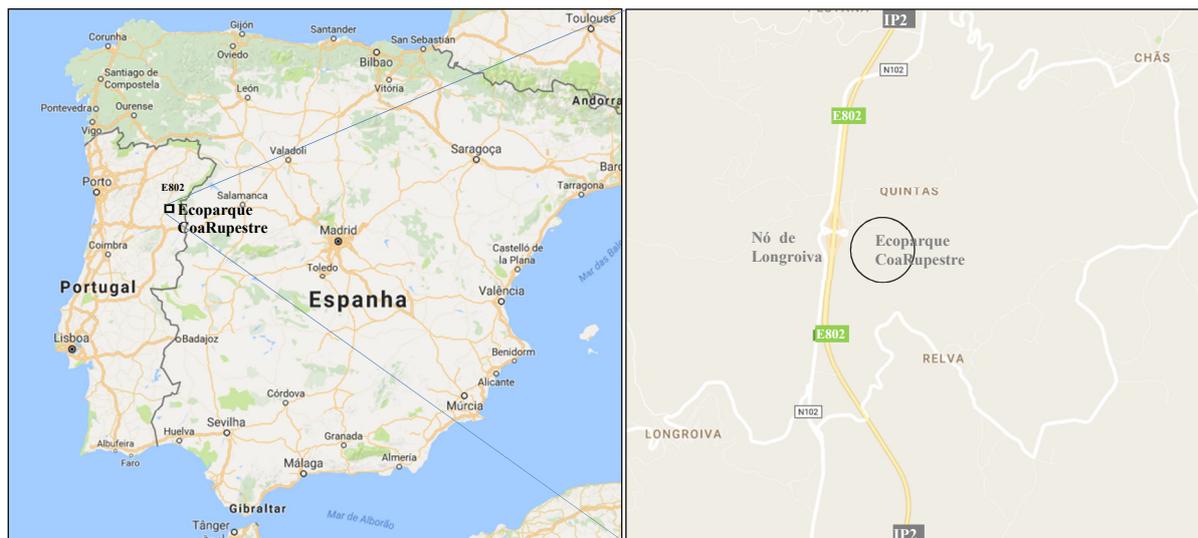


Fig. 1 - Enquadramento geográfico da zona do Ecoparque CoaRupreste (a partir de Google Maps, 2017).

O PAVC é considerado o maior museu ao ar livre do Paleolítico de todo o mundo (Fundação CoaParque, 2017); ao todo existem 17 km de sucessivos painéis rupestres, que remontam ao período paleolítico superior. Aqui podem-se testemunhar as mais antigas formas de arte, como as Gravuras do Vale do Côa. Existem 14 locais onde se verifica a arte rupestre. Esta representa normalmente figuras de animais como cabras, cavalos e auroques e estão suportadas em superfícies verticais de xisto.

Foi também nesta região, em Vila Nova de Foz-Côa, que foi construído recentemente o “Museu de Arte e Arqueologia do Vale do Côa, inaugurado em 2010, tendo resultado de concurso público para os trabalhos de conceção e projeto cujo primeiro prémio foi atribuído à equipa de arquitetos Pedro Pimentel e Camilo Rebelo (Fundação CoaParque, 2017).

Outra característica da zona do futuro Ecoparque, é a sua localização junto na famosa região vinhateira classificada pela Unesco como Património da Cultura e célebre pela produção do famoso vinho do Porto.

Elementos Locais

O nome do lugar onde se desenvolve a maior área do Ecoparque CôaRupreste, é denominado por Lamigueira. Situa-se imediatamente a sul do povoado das Quintãs (Fig. 2) que é uma anexa da freguesia de Longroiva, concelho de Mêda. A área global abrange atualmente 17 hectares e é atravessada pela ribeira da Centieira, que toma o nome de ribeira dos Piscos logo a seguir aos terrenos do Ecoparque Côa Rupreste afluindo ao rio Côa, pela sua margem esquerda, alguns quilómetros para nordeste.

O local revela um elevado potencial paisagístico e potencial cultural. Os recursos naturais, neles incluídos, poderão promover o turismo sustentável e devido à descoberta de vestígios arqueológicos no local, poderá também possibilitar um turismo cultural.

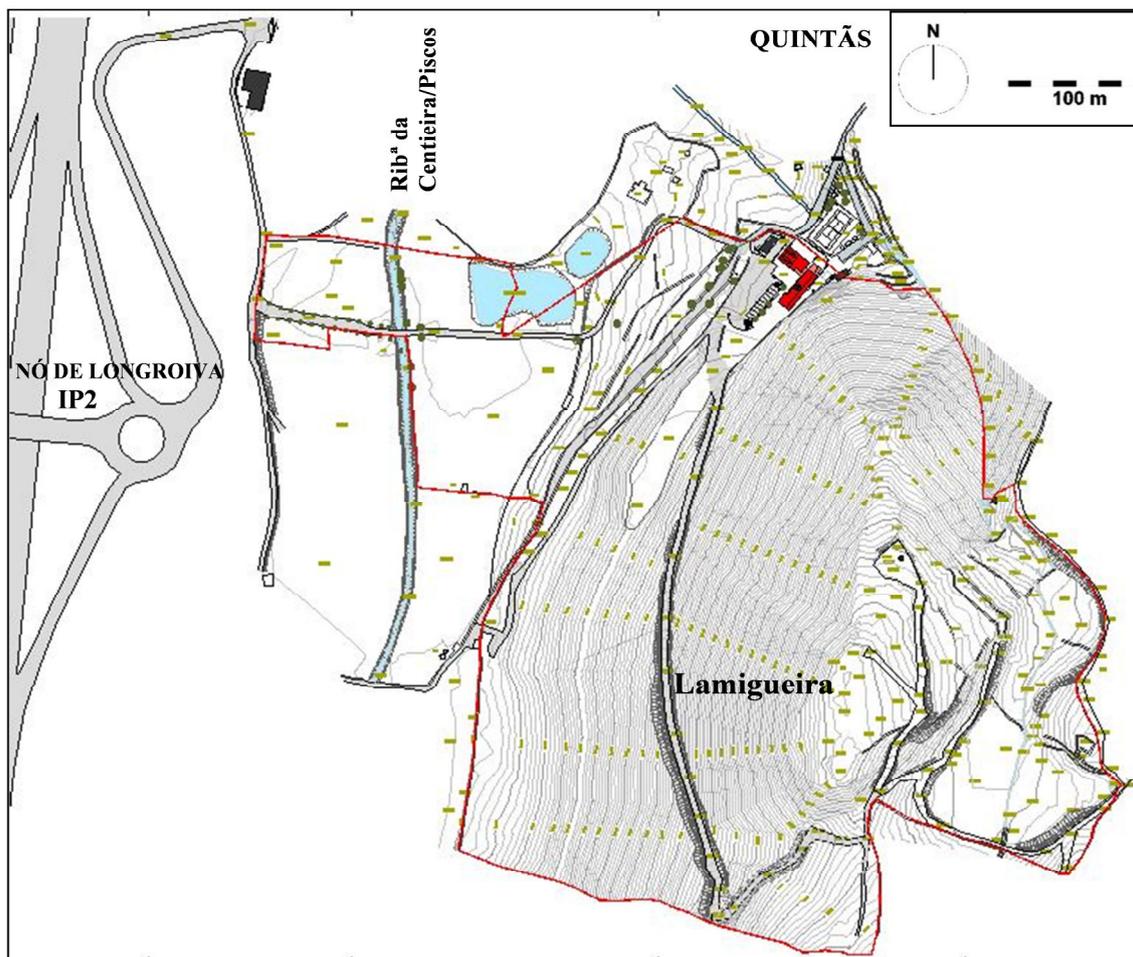


Fig. 2 - Localização do Ecoparque Cõa Rupestre, imediatamente a sul do povoado de Quintãs.

Em relação ao zonamento de aplicações, após a análise do local e tendo em conta as condicionantes e ainda a intenção de promover o local, determinou-se aplicar no Ecoparque as seguintes zonas (Fig.3a): 1 Parque Agordesportivo, 2 Edificação para Ecoturismo (já existente), 3 O Parque Agroecológico, 4 Parque Neolítico, 5 Parque de estufas, 6 Zona de habitação / Bungalows.

Existem elementos a ter em conta, pois alguns deles são ruínas e precisam de manutenção, mas serão relevantes para o desenvolvimento do Ecoparque (Fig.3.b), como por exemplo a anta (a comprovar) e os restos de antigo povoado na zona do Parque Neolítico.

Naquela zona foram encontrados imensos restos de antiga olaria, alguns deles com marcas de incisão em termos decorativos, um sílex cortante e um machado de pedra (Fig.4).

Até porque há a existência de um Menir ou seja um centro de religião Neolítica bastante perto deste local. Para além disso foi já também oficializado pelo Instituto português da arqueologia que aqui existem de facto vestígios neolíticos.

Existe também a potencialidade de criação de umas termas, ou simplesmente um espaço aqua-lúdico, devido ao local revelar um elevado potencial híbrido e geotérmico, como água sulfúrea de características termais.

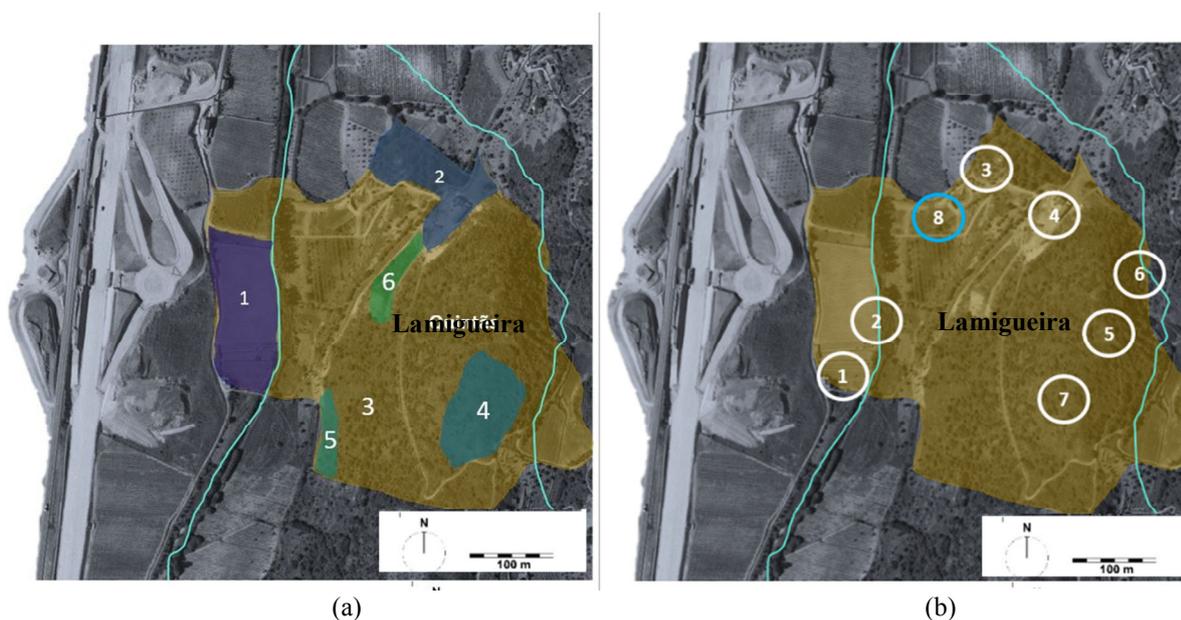


Fig. 3 - Elementos do Ecoparque Cõa Rupestre: a) zonas de aplicações - 1 Parque Agrodesportivo, 2 Edifício para Turismo Científico, 3 Parque Agroecológico, 4 Parque Neolítico, 5 Parque para estufas, 6 Zona para bungalows; b) elementos singulares - 1 Mina, 2 Ruína de caseta, 3 Ruínas de antigas habitações e antigo forno, 4 Edifício principal, 5 Pombal, 6 Ruína de moinho de água, 7 Anta e restos de antigo povoado, 8 Lagoa.



Fig. 4 -. Elementos pré-históricos encontrados no alto da Lamigueira: a) fragmento de olaria, b) sílex cortante, c) machado de pedra (C.R., 2015).

RECOLHA DE INFORMAÇÃO TEÓRICA

No sentido de realizar um Ecoparque, não só com o objetivo de valorizar o património ambiental, mas também o património cultural, foi importante para além de perceber o lugar, perceber como fazer um Ecoparque que fizesse jus ao lugar. Tal situação levou a uma das ferramentas mais importantes a ser utilizada aqui: a Arqueologia.

Por outro lado, pretendeu-se aliar à vertente arqueológica o turismo, de forma a acrescentar mais conteúdo ao local. Além de ser essencial perceber o que é arqueologia, como se faz arqueologia, a origem da arqueologia, a forma de datação, o desempenho da arqueologia bem como as formas de apresentar o passado ao futuro, surge também a necessidade de perceber o significado de conceito turismo. Ou seja, perceber a origem do turismo, os seus benefícios e

efeitos negativos. Bem como perceber como se pode fazer um turismo mais responsável, e neste caso surgiu assim a necessidade de introduzir aqui o turismo sustentável que por sua vez trouxe também o Ecoturismo.

A partir daqui, partir então para a organização espacial e revelar assim o impacto visual e cultural das infraestruturas de forma a transmitir o melhor do Ecoparque CôaRuprestre.

Assim, efetuou-se uma vasta pesquisa sobre aspetos arqueológicos, em especial nos períodos Mesolítico e Neolítico (Fig.5), de modo a desenvolver o conceito das infra-estruturas a projetar. Sob o ponto de vista arqueológico merecem referência os autores Cunha-Ribeiro (1990), Arruda (1993), Bahn (1996), e Ingrid (2007), podendo alguns aspetos detalhados sobre os mesmos serem observados em Pires (2016).

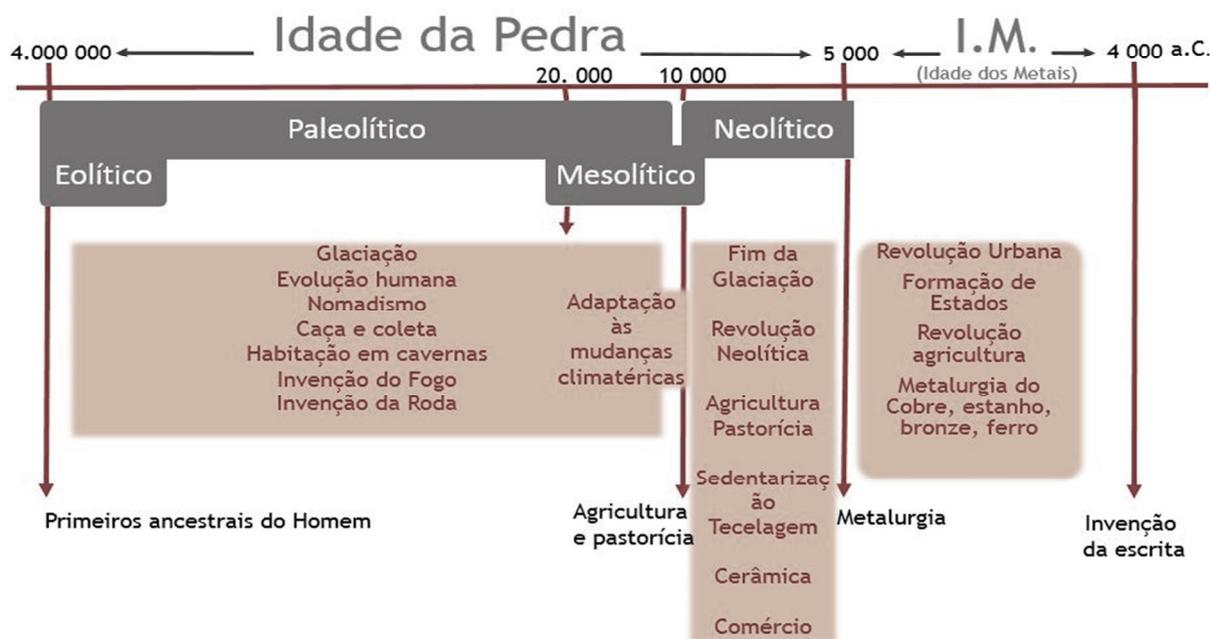


Fig. 5 - Cronologia da Pré-histórica, a partir de Arruda (1993, in Pires, 2016).

Sob o ponto de vista turístico de interesse ao presente trabalho, merecem referência os autores Cunha (1997), Domingues (1997), Dinis (2005) e Antunes (2012), sendo que os aspetos fundamentais de interesse ao presente trabalho foram sintetizados em Pires (2016).

CONCEITO

Partindo para a proposta final do Ecoparque Côa Ruprestre, o conceito de base partiu da impressão humana. Uma das características interessantes da zona, que marcam sem dúvida o lugar são as linhas vinícolas (Fig.6). Estas linhas marcam o lugar e a sua forma para além de ser uma marca humana, visualmente fazem também lembrar as impressões digitais do homem. Um aspeto que evidencia até a força das mãos que marcaram o desenvolvimento do lugar. Em Quintãs essas impressões estão escondidas e estão apagadas pelo tempo, mas o objetivo através deste ecoparque será reviver essas impressões e permitir assim dar a conhecer as práticas que outrora pertenceram a esta região.

Partindo dessa ideia, mais sinteticamente, o conceito foi reduzido ao aspeto formal da Figura 7, e tanto em planta como em corte, este vai ser a base da arquitetura das infra-estruturas do Ecoparque CÔaRupestre.



Fig. 6 - Vistas da região do Alto Douro (in Diário de Trás-os-Montes, in Pires, 2016).

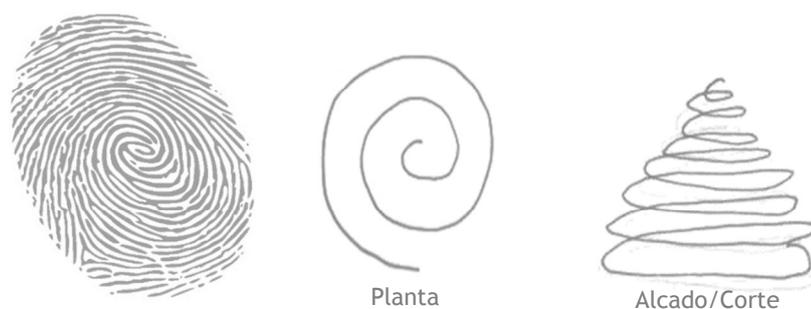


Fig. 7 - Síntese do esquema conceitual dos edifícios a partir da textura da impressão digital e das linhas vinícolas observadas em planta (Pires, 2016).

ECOPARQUE CÔA RUPESTRE

Menir Monumental

Na primeira infraestrutura, a proposta para além de ir ao encontro formal do conceito, vai também ao encontro da introdução de exemplos arcaicos da arquitetura primitiva. Neste caso, nesta infraestrutura introduziu-se um monumental menir.

O menir foi o primeiro símbolo da sedentarização humana. Na Europa os menires eram normalmente dispostos e alinhados com fenómenos astronómicos, como é o exemplo de um dos mais famosos menires, Stonehenge na Grã-Bretanha e estes, presume-se, tinham como objetivo criar um calendário, talvez para que os agricultores pudessem saber quando plantar e quando colher. Mas sem dúvida os menires são símbolos que demonstram e marcam a evolução do homem e por essa mesma razão nasceu esta proposta, com o objetivo de elogiar esse marco.

As propostas construtivas desta infraestrutura neste local basearam-se também nas suas dimensões. Neste caso o menir será monumental, porque não será um menir de 2 metros mas sim um menir gigantesco com cerca de 20 metros de altura. O terreno onde será implantada esta infraestrutura para além de permitir uma área plana em bom estado vai permitir uma acessibilidade facilitada e será o símbolo de entrada do Ecoparque (Fig.8).

Para além da instalação do monumental menir, será instalado um museu vivo onde serão demonstrados ao público e acomodados alguns dos animais que fizeram parte deste marco histórico do homem, como é o caso o auroque, a cabra montesa e o cavalo. Este conjunto, num todo, vai também permitir outros serviços, desde um clinica veterinária de apoio aos animais aqui expostos, até à criação de um museu didático e pedagógico que felicitará a componente da agricultura, porque os próprios animais serão uma das formas de sustentabilizar o lugar. Por exemplo, os seus excrementos podem ser utilizados como fertilizante para as terras e assim produzir agricultura biológica neste lugar.

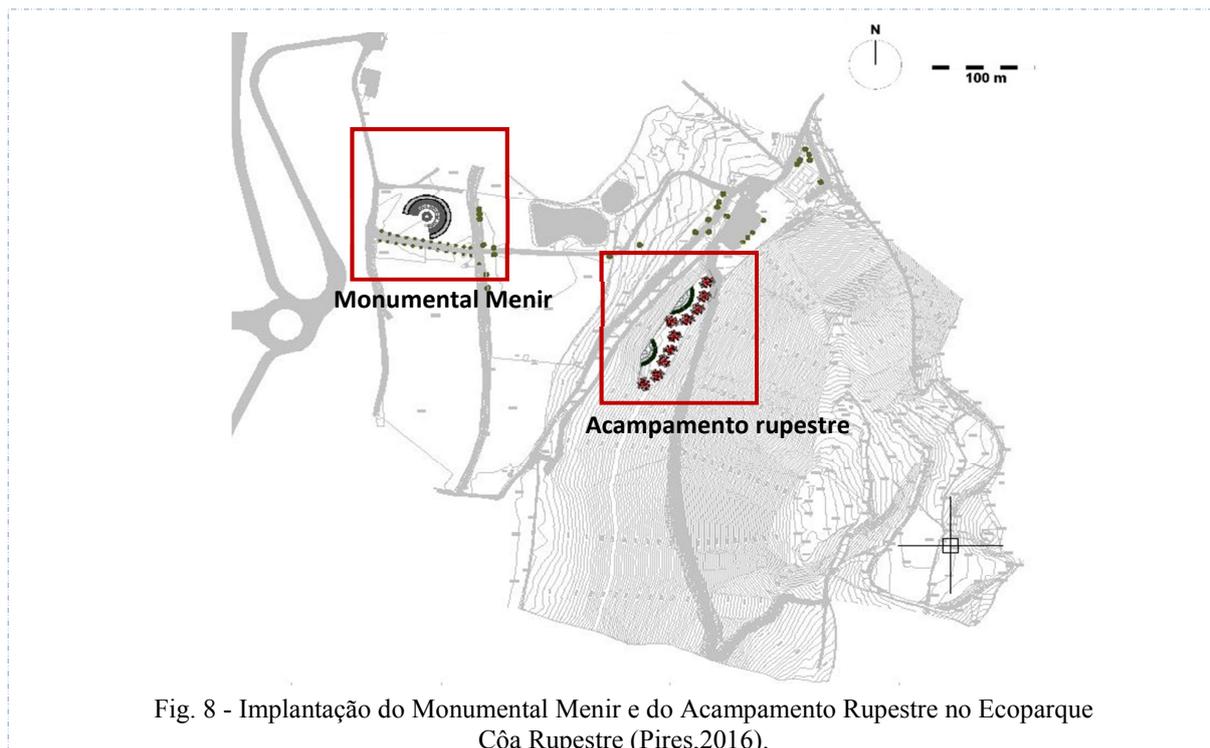


Fig. 8 - Implantação do Monumental Menir e do Acampamento Rupestre no Ecoparque Cõa Rupestre (Pires,2016).

Seguindo a proposta, esta foi desenvolvida tendo em conta a escala, bem como a sua relação com a envolvente. Formalmente, para além da introdução do menir no centro, o conceito e a intenção de introduzir um reflexo da impressão do homem e das camadas vinícolas, fez surgir a criação de várias cotas. Estas cotas em camadas vão-se fazer ver nos alçados e plantas devido à diferença de altura das diferentes zonas do edifício, que serão dadas consoante as funcionalidades existentes no interior do edifício (Fig.9). A nível da soleira vão existir 2 níveis; o primeiro nível à cota 0, e o segundo nível acessível por rampas, à cota a menos 30 centímetros. Tecnicamente foi necessário ter em conta alguns aspetos, devido à particularidade de se estar a lidar com animais.

Mais pormenorizadamente na lateral superior esquerda, funcionalmente vai existir uma clinica veterinária, com sala de espera, acessos, uma instalação sanitária, gabinetes médicos, bem como uma sala de operações, uma instalação sanitária para funcionários com chuveiros, uma sala de repouso para animais e um escritório. Seguidamente já na área do museu vivo, é criada uma zona técnica como os lavabos dos animais, uma instalação sanitária para os visitantes, a criação de boxes (compartimentos de alojamento de animais) que serão acessíveis da zona centro, e na lateral direita inferior a criação de arrumos especializados para o armazenamento de fenos e máquinas agrícolas.

Cada uma das boxes terá um vão que corre a lateral da boxe, mas este vão será executado com um vidro especial (vidro laminado) para o caso de se estilhaçar, este não fira os animais. Este tem muita resistência e protege os animais dos raios solares.

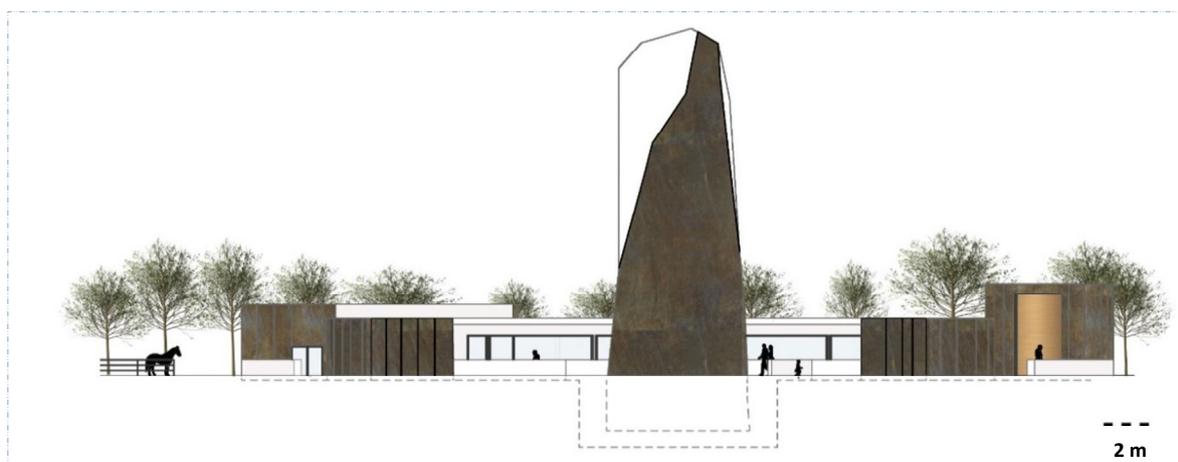
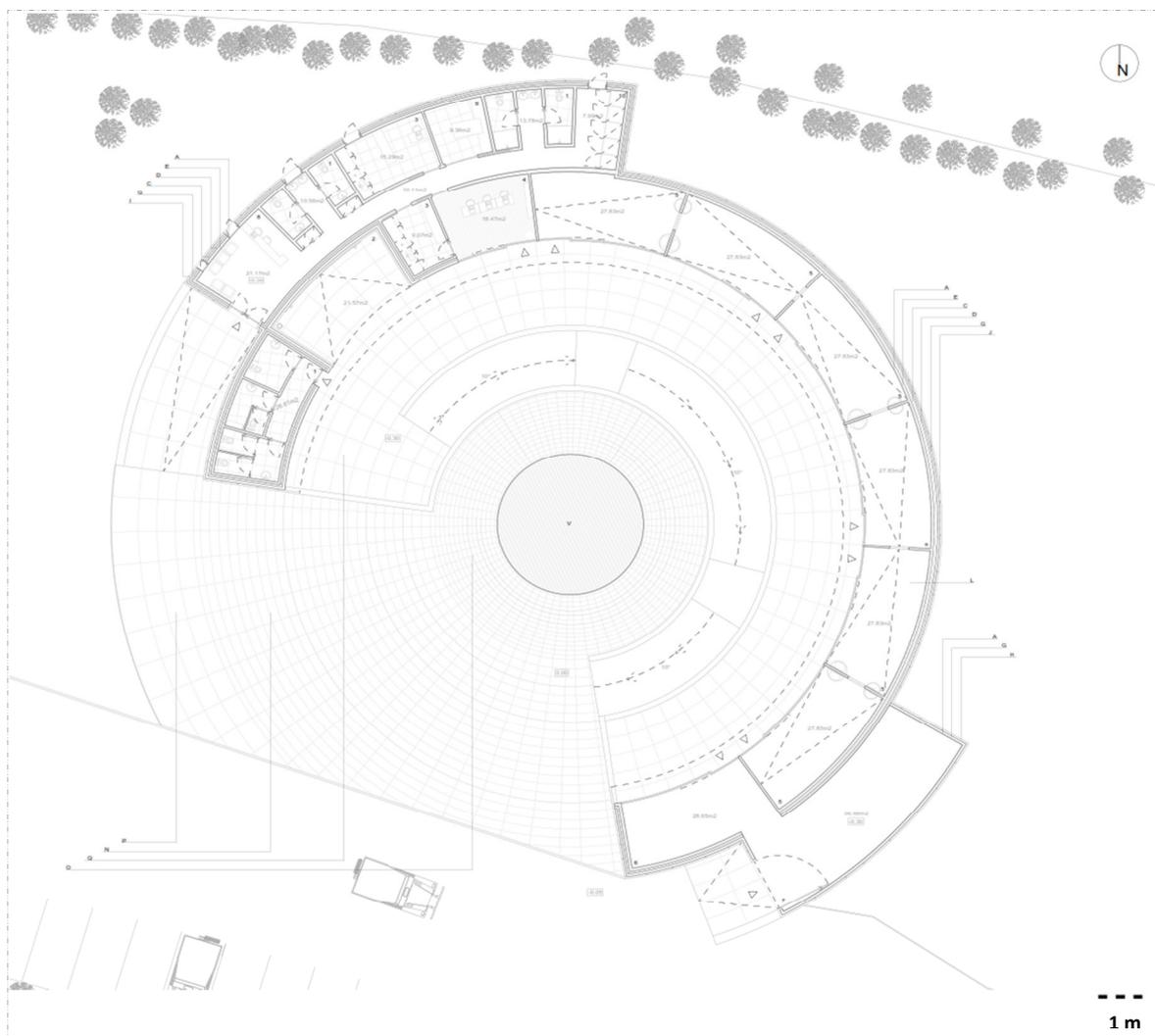


Fig. 9 - Planta do Piso 0 e Alçado Principal do Monumental menir do Ecoparque Côa Rupestre (Pires, 2016).

Existem ainda outras particularidades nas boxes, como o caso do vão que permite que os animais socializem, os bebedouros e comedouros que deverão ser de forma arredondada para não ferir os animais e o chão que deverá responder a certos requisitos tanto a nível do material usado, como ao nível de nivelamento. Ao todo serão 6 boxes, com 27 m² o que permitirá vários animais dentro de cada boxe.

Uma das particularidades também deste museu é o seu centro. O museu irá rodear a peça principal, o menir e destacará este dando à fachada interior uma cor branca. Na fachada exterior do museu a infra estrutura será revestida a placas de xisto. O xisto é um material local e as placas de xisto neste projeto têm cerca de 10 cm de espessura com altura e largura variável consoante a altura da fachada.

Acampamento Rupestre

Quanto ao acampamento rupestre, este terá como objetivo não só proporcionar dormidas, mas também proporcionar uma experiência primitiva, sensitiva e arcaica.

A sua conceção formal terá em conta não só o conceito mas também as primeiras estratégias primitivas formais, como o menir, a anta e vários exemplos de arquitetura arcaica de habitações e acampamentos. Uma outra das particularidades do local escolhido para o acampamento é ser uma zona plana perto da montanha da antiga aldeia arcaica e ter uma vista extraordinária para oeste (Fig.8).

Neste acampamento a organização formal vai-se centrar à volta de 2 núcleos, que incluirão um madeiro cada um (Fig.10). O objetivo é que o madeiro convide os visitantes a reunirem-se à volta da fogueira e troquem impressões e ideias. Para além disso vai existir um espelho de água, não só porque o lugar é cheio deste recurso natural, mas também porque embeleza e vai ser útil também na rega da zona das hortas. As hortas vão ser mais um meio dos visitantes terem experiências didáticas e pedagógicas e vai ao encontro da sustentabilidade.

Em volta a estes dois núcleos vão encontrar-se os bungalows; no total são 10 e têm cerca de 70m² de área cada. Um bungalow incluirá um piso 0 com quarto, instalação sanitária, sala/cozinha e um piso 1 com uma sala/quarto (Fig.11). Aqui também se terá em atenção os materiais, desde a utilização das placas do xisto como material revestidor, lembrando que é um material local, até à utilização da cortiça no revestimento interior, neste caso a cortiça escolhida foi uma cortiça de cor creme de forma a tornar o espaço interior menos pesado. A estrutura deste será metálica.

Elementos técnicos detalhados da proposta de intervenção no Ecoparque Cõa Rupestre poderão ser consultados em Pires (2016).

CONCLUSÕES

Apesar do despovoamento geral da zona, através da implantação de um Ecoparque Cõa Rupestre, espera-se uma maior valorização do património, bem como uma parceria enriquecedora com toda a envolvente do Douro Vinhateiro e Parque Arqueológico do Vale do Cõa.

Através da implantação de dois elementos principais como o Monumental Menir e o Acampamento Rupestre, espera-se que este Ecoparque proporcione experiências e excelentes espaços de ecoturismo, que valorizem os recursos da região/local e que faça homenagem aos homens do outro tempo, proporcionando aos visitantes a vontade de querer aprender, observar e viver experiências didáticas ligadas ao ecoturismo e arqueologia.



Fig. 10 - Implantação e composição visual dos alçados do “Acampamento Rupestre” no Ecoparque Côa Rupestre (Pires, 2016).

O monumental menir, no sentido de ser um espaço visitável e frequentado pelo público em geral, é constituído por espaços dedicados aos animais interligados com o tema da área, ao elogio do menir, e serviços veterinários, e ainda uma homenagem especial ao xisto de Foz Côa, que permite retirar das pedreiras elementos com comprimentos elevados como não é comum em qualquer parte do mundo. As pedreiras de Foz Côa tornaram-se famosas por ali se extraírem os esteios de xisto ardósífero para as vinhas do Douro; este xisto é das mesmas formações geológicas dos xistos das gravuras Rupestres.

Como perspetivas para o futuro, espera-se que este projeto se venha a concretizar, pois num todo, sem qualquer dúvida, acredita-se que juntando todas as valências do local, será um espaço singular pela positiva e único no mundo.

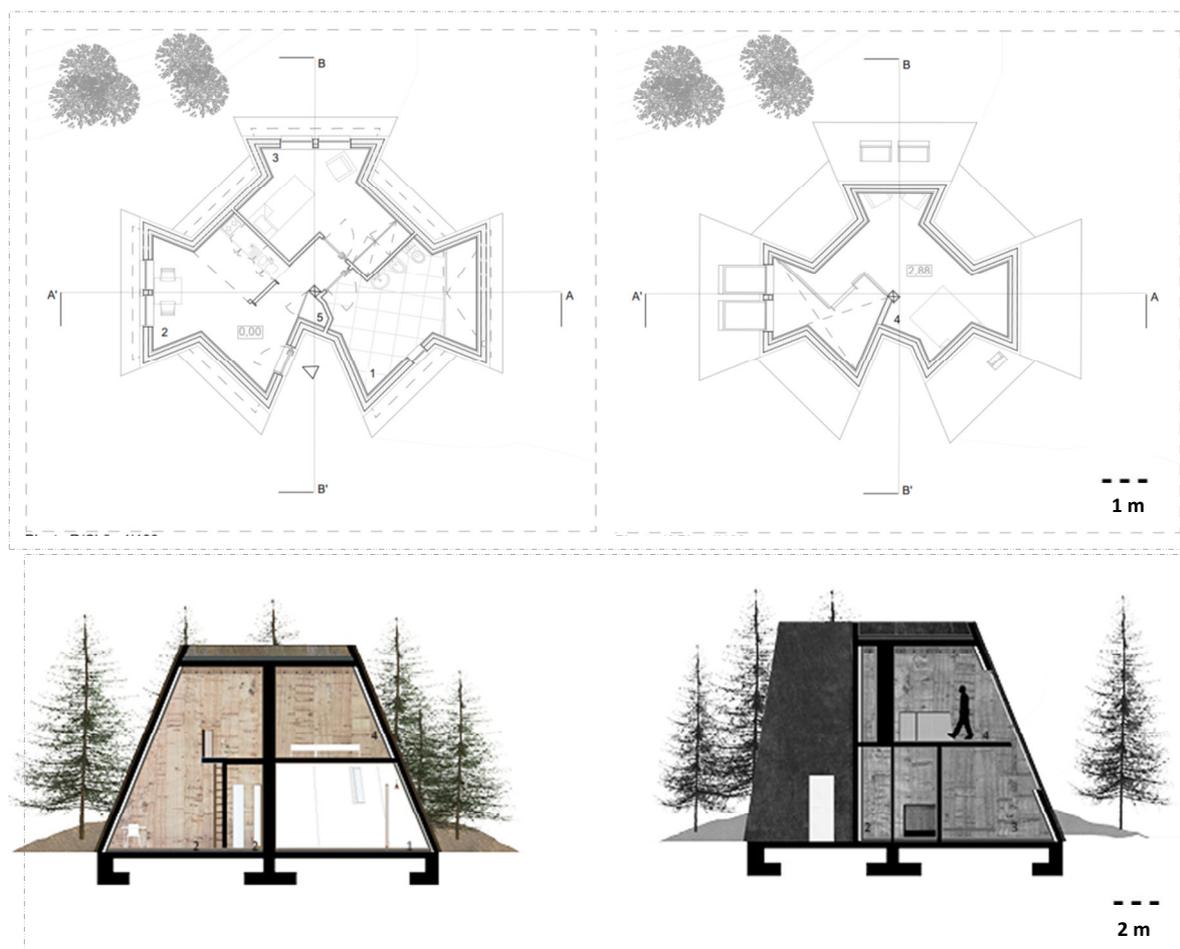


Fig. 11 - Planta do Piso 0 e piso 1 e composição visual dos Cortes A e B dos bungalows do Acampamento Rupestre (Pires,2016).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro concedido pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), Portugal, através do financiamento plurianual da Unidade 10/225-UMNMEE.

REFERÊNCIAS

- [1]-Antunes, A.P. M., O Ecoturismo como Valorização do Território-Contributos para o Aumento da Oferta Turística Existente na Comunidade Intermunicipal do Médio Tejo. Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias. Lisboa, 140 p., 2012.
- [2]-Arruda, J.J.A., *História antiga e medieval*, 16ªed. São Paulo, Editora Ática, 528 p., 1993.
- [3]-Bahn, P.G. (ed.), *Archaeology - A Very Short Introduction*, Oxford University Press, 118 p., 1996.
- [4]-Cunha, L., *Economia e Política do Turismo*, Editora Sustentável, Lisboa Editorial Verso, Alfragide, 350 p., 1997.

- [5]-Cunha-Ribeiro, J. P., A Pré-história. In: Serrão, J.; Marques, A. H. O. (eds). Nova História de Portugal. Lisboa, Presença, pp.17-74., 1990.
- [6]-CR, Côa Rupestre; Projeto Ecoparque Côa Rupestre, Memória Descritiva (Relatório Inédito). Côa Rupestre, Agroturismo e Ambiente, Lda., 2015.
- [7]-Dinis, S. M., O Ecoturismo: um instrumento para o desenvolvimento sustentável. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Economia e Gestão, 117 p., 2005.
- [8]-Domingues, C.M., *Prontuário Turístico*, Lisboa, Instituto Nacional de Formação Turística, 1997.
- [9]-Fundação CoaParque; *Fundação*, Fundação Côa Parque, site: <http://www.arte-coa.pt/index.php?Language=pt&Page=Gravuras&SubPage=Localizacao>, 2017.
- [10]-Google Maps; "Google Maps/Google Earth". Site: <https://www.google.pt/maps/@37.2218524,-18.8275045,5z>, 2017.
- [11]-Ingrid (2007), Mais sobre a cabana primitiva, Habitação, site: <http://arqhabitacao.blogspot.pt/2007/07/mais-sobre-cabana-primitiva.html>, visitado em Julho de 2015.
- [12]-Pires, A.C.P., Eco-parque Côa Rupestre-Coletividade turística autossustentável. Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Universidade da Beira Interior, 139p., 2016.

ARTIGO REF: 6950

OUT-OF-PLANE CYCLIC PERFORMANCE OF FULL-SCALE MASONRY INFILL WALLS

Humberto Varum^{1(*)}, André Furtado¹, Hugo Rodrigues², António Arêde¹

¹CONSTRUCT-LESE Faculty of Engineering of University of Porto, Portugal

²RISCO - School of Technology and Management, Polytechnic Institute of Leiria, Leiria, Portugal,

(*)*Email*: hvarum@fe.up.pt

ABSTRACT

The experimental characterization of the out-of-plane performance of infill masonry (IM) walls is a topic of growing importance motivated by the damage reconnaissance missions performed by experts to affected regions by earthquakes, where it was reported several number of collapses of this type of partition walls. An experimental campaign was conducted at the Laboratory of Earthquake and Structural Engineering - LESE by performing five experimental cyclic out-of-plane tests of full scale infill masonry walls with and without previous in-plane damage.

The IM walls, as proved in the recent earthquakes, can have an important influence in the structural response of RC structures [1-3]. However, the infills are considered non-structural elements and no special attention is given to them during the design process of new buildings and safety assessment of existing ones. Associated with this comes the problem of lack of detailing and specification of the IM characteristics and construction process. These could result in the decrease of the construction quality of the buildings and especially, due to the interaction with the RC structural elements, the insufficient/deficient behaviour when subjected to seismic action and their tragic consequences. Considering their poor performance in recent earthquakes, some experimental studies have been conducted during the last years to characterize their out-of-plane capacity. The present work presents an experimental campaign carried out in the (LESE) with aim of characterize experimentally the out-of-plane behaviour of five full scale-infill masonry walls with and without previous in-plane damage.

The present experimental campaign was composed by five out-of-plane tests of full-scale infilled RC frames with two main variables: different width support conditions of the panel, axial load on the RC columns application and previous in-plane damage. The outline of the experimental work performed is presented in this section and start firstly by the description of the out-of-plane setup developed in the LESE laboratory followed by the description of specimens tested, instrumentation and loading protocol and the main results obtained. The experimental test setup was developed to apply a uniform distributed load through nylon airbags which main advantage is to mobilize all the infill panel considering all the distributed inertia forces that results of a seismic excitation. The uniform load applied through all the infill panel is reacted against a self-equilibrated steel structure composed by five vertical and four horizontal alignments that are rigidly connected to the RC frame with steel re-bars in twelve previous drilled holes (Figure. 1). From the experimental tests, it was verified that the monotonic test Inf_01 seems to define an envelope of the tests performed cyclically. The monotonic test reached the higher out-of-plane force capacity, taking place this to a level shift out-of-plane panel also it higher. The force degradation was less pronounced observed in the

cyclic tests, mainly after the cycle's repetition for the same target out-of-plane displacement. Regarding the influence of the axial on the columns in the out-of-plane capacity of the IM walls, it was observed that reduces the panel stiffness although increased their out-of-plane strength.

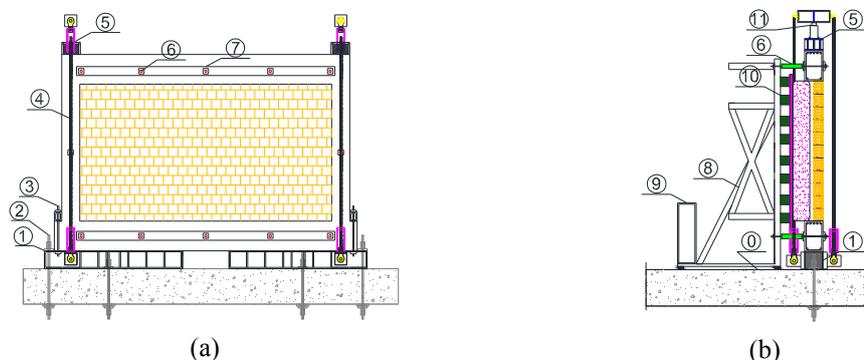


Fig. 1 - Out-of-plane test platform developed in LESE laboratory

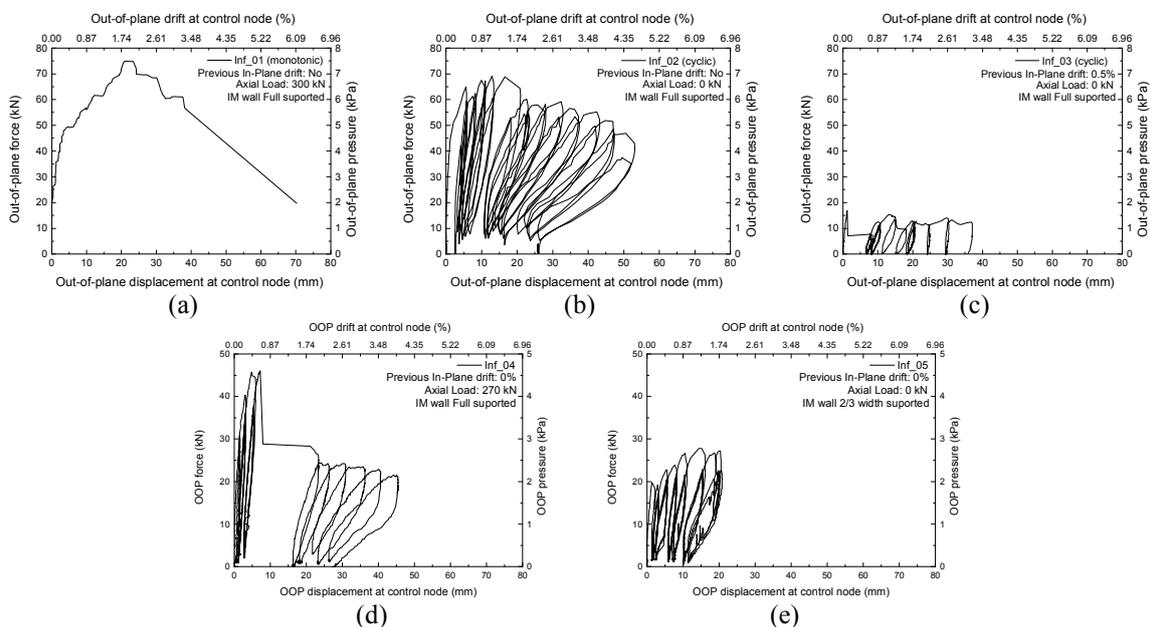


Fig. 2 - Out-of-plane force-displacement test results: a) Inf_01; b) Inf_02; c) Inf_03; d) Inf_04 and e) Inf_05.

ACKNOWLEDGMENTS

This experimental research was developed under financial support provided by “FCT - Fundação para a Ciência e Tecnologia”, Portugal, namely through the research project POCI-01-0145-FEDER-016898 - ASPASSI Safety Evaluation and Retrofitting of Infill masonry enclosure Walls for Seismic demands.

REFERENCES

- [1]-Furtado, A., et al., Experimental evaluation of out-of-plane capacity of masonry infill walls. *Engineering Structures*, 2016. 111: p. 48-63.
- [2]-Furtado, A., et al., Simplified macro-model for infill masonry walls considering the out-of-plane behaviour. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 2016. 45(4): p. 507-524.
- [3]-Varum, H., *et al.*, Seismic performance of the infill masonry walls and ambient vibration tests after the Ghorka 2015, Nepal earthquake (In Press). *Bulletin of Earthquake Eng.*, 2016.

ARTIGO REF: 6979

CONTRIBUIÇÕES PARA UM COMPLEXO TALASSO-TERMAL NO CABO ESPICHEL

Patrícia C. Aldeia¹, Luís M. Ferreira Gomes^{1,2(*)}, Fernando M. L. Diniz¹

¹Universidade da Beira Interior, Faculdade de Engenharia, DECA - Covilhã, Portugal

²Geobiotec, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal

(*)Email: lmf@ubi.pt

RESUMO

O presente trabalho resulta da conjugação de três vetores: alojamento turístico a partir da reabilitação de património vernacular disponível, implantação de um centro de talassoterapia, e outro de termalismo. O primeiro vetor é uma situação premente pois o local, visitado por milhares de pessoas anualmente, tem um vasto património vernáculo devoluto que foi em parte destruído e que é urgente recuperar; os outros dois vetores conjugados num único edifício (Balneário) a ser construído de raiz, constitui um complexo de saúde e bem-estar que assenta numa captação de água salgada que será construída nas formações arenosas da praia, bem como numa outra captação profunda de água subterrânea que será contruída nas formações carbonatadas da proximidade. Salienta-se que, atualmente, o Balneário Talasso-Termal é apenas um ensaio académico a nível projetual, mas de elevado interesse sob o ponto de vista técnico e científico, pois a sua construção seria considerado um feito inédito em Portugal que permitiria alavancar um setor estratégico para o desenvolvimento do nosso país como é o Turismo de Saúde.

INTRODUÇÃO

O turismo é um dos pontos dinamizadores da economia em Portugal sendo de realçar que o “Turismo de Portugal” venceu os “World Travel Awards 2016” na categoria de “Melhor Organismo Oficial de Turismo Europeu” (Turismo de Portugal, 2017); é, portanto, um setor reconhecido pelas entidades responsáveis. O Cabo Espichel, pertencente ao concelho de Sesimbra, é um local muito conhecido atualmente pela sua paisagem, características arquitetónicas e monumentais dos elementos que constituem o local, recebendo diariamente um grande número de turistas que apenas permanecem no local por um período de tempo geralmente inferior a uma hora.

O local onde se enquadra o Cabo Espichel é beneficiador de variadas características favoráveis a um conjunto de atividades que contribuirão para o desenvolvimento do turismo nacional. Sendo assim, torna-se necessário definir um conjunto de linhas/ações estratégicas que visem fixar os turistas naquele local, como por exemplo, a criação de infraestruturas (hotelaria) que lhes permita usufruir dessas atividades por períodos prolongados. Segundo a história do local, a maioria dos edifícios existentes devolutos, serviam de hospedarias para alojar os peregrinos que faziam longos percursos até ao Cabo Espichel, em honra da Nossa Senhora do Cabo.

Assim, abre-se uma clara janela de oportunidade ao desenvolvimento dessas infraestruturas que assentem neste conceito como avançado por Cardim Aldeia (2015) com o trabalho

intitulado “Recuperação do Santuário do Cabo Espichel-Hotel Rural & Talassoterapia”, mais especificamente uma proposta de reabilitação das alas do edificado para um Hotel Rural. Devido ao interesse que despertou, decidiu-se avançar com uma proposta de um equipamento especial (Cardim Aldeia, 2017), intitulado “Complexo Talasso-Termal no Cabo Espichel - Turismo de Saúde, Termalismo e Talassoterapia”, e cujas características inovadoras são apresentadas no presente artigo. É proposto um edifício talasso-thermal, situado à parte de todo o conjunto arquitetónico existente, em que perante as condições existentes o torna favorável à concretização do mesmo, mantendo-se a traça arquitetónico-paisagística do local. Assim sendo, é dado a conhecer a temática da talassoterapia e do termalismo, através dos serviços prestados no complexo, e a conjugação de todos estes fatores que permitem desenvolver em conjunto dois vetores estratégicos como o turismo e a saúde, ou seja, o Turismo de Saúde.

A vertente de turismo de saúde em Portugal, é cada vez mais recorrente nos dias de hoje, pois o país encontra-se geograficamente bem localizado de modo a possuir todos os recursos necessários para a concretização de centros de balneoterapia com água salgada. Há já imensa experiência em Portugal com centros de balneoterapia com água mineral, as Termas, que possuem tratamentos específicos e curam vários problemas de saúde de forma natural e saudável. Assim, será uma questão de alargar essa experiência a centros com um recurso hídrico diferente da água mineral, mas que têm muitas coisas em comum, e que na presente proposta resultariam ambos os setores num mesmo edifício.

Nos centros termais em Portugal podem reunir-se serviços de bem-estar/saúde, com o lazer, e outros afins. Esta temática existe desde os tempos da antiguidade, na qual incluíam nos balneários outros serviços. Daí desenvolve-se a ideia de juntar o centro talasso, com o thermal e com a hotelaria, de modo a proporcionar ao utente mais conforto, e a opção de pernoitar para dar continuidade aos tratamentos.

Alguns elementos e conceitos sobre termalismo, talassoterapia, e até aspetos arquiteturais sobre estes equipamentos podem ser observados em vários trabalhos, merecendo referência Mangorrinha (2000), Ramos (2005), Fernandes e Fernandes (2008), Medeiros e Cavaco (2008), Quintela (2009) e Carriço (2013).

ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO - GEOLÓGICO E ASPETOS HISTÓRICOS

A vila de Sesimbra tem a configuração de uma enseada virada a sudeste e situa-se no distrito de Setúbal, aproximadamente a 40 km de Lisboa (Fig.1), sobre o maciço calcário que pertence à Serra da Arrábida com cerca de 200 milhões de anos e é onde se encontraram os mais antigos vestígios referentes ao Paleolítico Inferior desde há 600 mil anos atrás (Figueiredo e Carvalho, 2007). O desenvolvimento económico e turístico da vila está inteiramente associado à pesca e ao artesanato. Segundo a história, foi na era da Idade do Ferro (séc. VIII-II a.C.) que habitou uma tribo denominada por Cempsos a qual deu origem ao nome da vila.

O concelho de Sesimbra ocupa uma área de 195,47 km² e, relativamente aos dados dos Censos atualizados em 2011-2012, habitam cerca de 5600 habitantes (C.M.S., 2015).

No verão, a vila ganha vida, sendo a época anual em que se nota um elevado número de turistas devido às suas variadas e extensas praias ao largo da costa. No entanto, para além do lazer marítimo, entre outro tipo de atividades, a vila detém outros elementos muito interessantes que marcam ocorrências histórias e delineiam a própria história de Sesimbra. Estão presentes em vários pontos da vila edifícios que revelam um valor arquitetónico patrimonial extraordinário, quer pela sua dimensão quer pelos seus traços históricos, às quais

se destacam, o Castelo de Sesimbra, a Fortaleza de Santiago, o Cabo Espichel, a Igreja Matriz de Santiago, a Capela dos Navegantes e a Capela da Misericórdia.



Fig. 1 - Localização geográfica do Cabo Espichel em relação ao concelho de Sesimbra, ao distrito de Setúbal e a Portugal.

O Cabo Espichel é um dos elementos históricos mais marcantes da vila e a sua importância é tão valorizada que chegam a celebrar festas em torno dos acontecimentos religiosos e lendas contadas há mais de 500 anos atrás. Definido como Santuário do Cabo Espichel, como já se referiu, hoje é conhecido como um local de peregrinação em homenagem à Nossa Senhora do Cabo e é considerado um dos lugares mais emblemáticos de Portugal, devido à sua singularidade e misticidade que todo aquele ambiente produz, sendo que se situa à beira-mar revelando paisagens magníficas.

O Santuário encontra-se implantado numa plataforma semi-horizontal (Fig.2), que constitui um planalto, com uma escarpa com cerca de 100 metros de desnível em relação ao nível do mar. Estão presentes vários elementos arquitetónicos, com um estilo medieval, sendo considerados património cultural e imóvel público. Dos elementos mais marcantes pelas suas dimensões é um conjunto de duas partes formadas pela Igreja e pelas Hospedarias, formando um U. As hospedarias constituem duas alas que limitam as partes laterais, formando um terreiro central (Fig.3), e foram fruto do trabalho dos Círios e Romeiros que organizavam as peregrinações. Relativamente aos outros elementos, no terreno existem alguns simbolismos e traços arquitetónicos que relacionam todo o espaço. No terreno é perceptível um eixo que une o conjunto em U a outros dois elementos singulares, o Cruzeiro e a Casa da Água (Fig.3); estes três elementos encontram-se geograficamente orientados de Este para Oeste (Fig.4). Essa marcação determina um importante simbolismo fazendo a marcação da horizontalidade do terreno com todos os elementos à mesma cota e demonstra que a realização da sua construção

partiu da necessidade dos peregrinos e reis que pernoitavam no santuário por vários dias, desde a época da Idade Média, se orientarem. (F.C.G.,1964). Um último elemento pertencente à construção do conjunto do santuário é a Capela da Ermida da Memória, elemento construído em honra da Nossa Senhora da Pedra da Mua, que limita o terreno e define a última passagem do percurso peregrino até regressar ao terreiro. Todos estes edifícios foram construídos em épocas diferentes, tendo a última construção a referência do ano de 1770 (Figueiredo e Carvalho 2007).

Quanto ao apoio do turismo local na atualidade, encontram-se em atividade um café/restaurante, um ponto de turismo informativo e algumas “tendas” com venda de produtos geológicos. As conectividades com o local são poucas, pois o santuário localiza-se a cerca de 4 km da aldeia mais próxima, a Azóia.



Fig. 2 - Imagem aérea do Santuário do Cabo Espichel (fotografia gentilmente disponibilizada por Carlos Sargedas em 2014).



Fig. 3 - Imagens detalhadas da zona do Santuário do Cabo Espichel: a) Igreja ao fundo de N.Srª do Cabo e alas laterais que constituíram antigas hospedarias; b,c) Casa da Água (Cardim Aldeia, 2015).

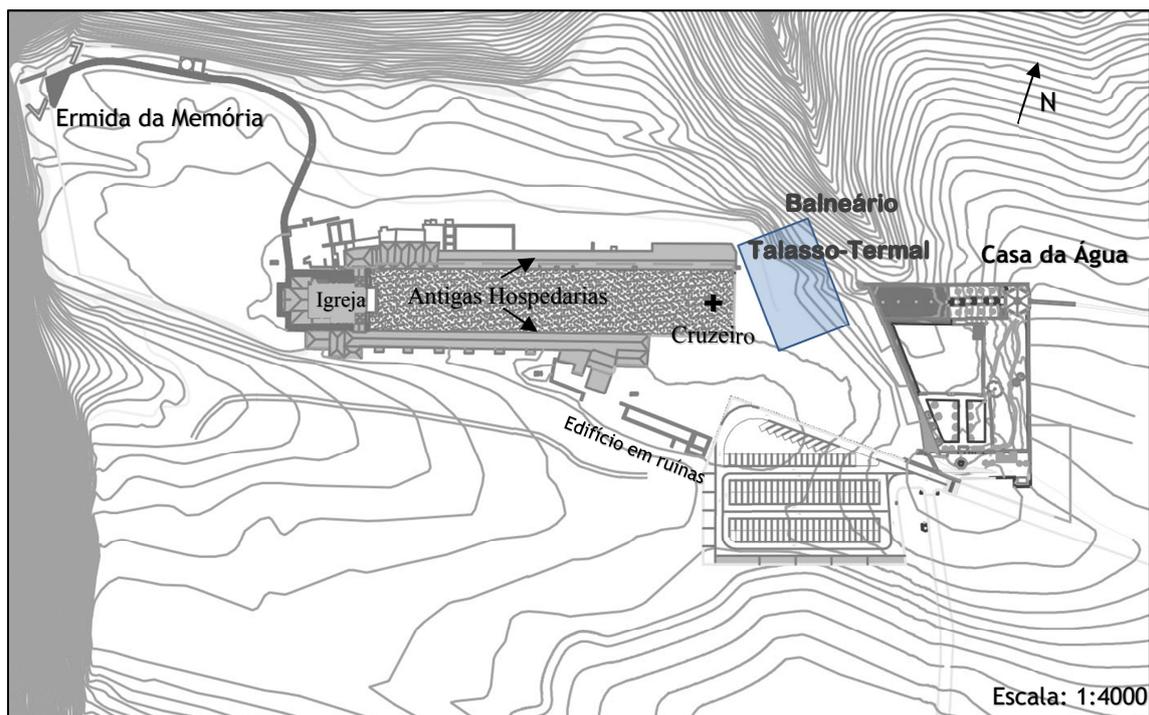


Fig. 4 - Planta global do Cabo Espichel com implantação da zona do Balneário Talasso-Termal (Cardim Aldeia, 2017).

PROPOSTA DE INTERVENÇÃO PARA O CABO ESPICHEL

Introdução

Antes de se proceder à proposta definitiva, efetuaram-se várias pesquisas, vários estudos, nomeadamente efetuou-se uma análise “SWOT - Forças e Oportunidades” para o local (Tabela 1) levando em definitivo à criação de sinergias da presente proposta. Um dos pontos fortes do local, referido anteriormente, é o facto de haver elevado potencial de recursos hídricos naturais, quer de água salgada, quer de água subterrânea doce, que funcionam como motor do balneário talasso-termal (Fig.5). Por outro lado, o balneário talasso-termal será o veículo fundamental para atrair pessoas ao local de modo a pernoitarem na unidade hoteleira a construir e por sua vez ambos dinamizarem o turismo local, que se antevê de elevada importância a nível nacional quando todo o complexo estiver a laborar em fase de cruzeiro.

A proposta global para a dinamização turística do Cabo Espichel reúne várias vertentes que são viáveis e aplicáveis ao tipo de condições presentes no local. Um requisito, para além de agrupar mais serviços que beneficiem o local, será também dar importância às atividades que ali já se praticam:

- i) desportos radicais: parapente, escalada, visita via pedonal ou marítima até às grutas de água doce (localizadas debaixo do santuário);
- ii) caminhadas até às praias da proximidade; feiras, como por exemplo a feira do mel (evento anual), e outras como a venda de elementos geológicos característicos do local; eventos musicais, como os dedicados à antiga Casa da Ópera, situada junto às hospedarias; percurso já denominado por caminhada do peregrino; cerimónias e procissões religiosas; concentrações motares, entre outras.

Tabela 1 - Análise SWOT para o Cabo Espichel (S.M.P., 2016).

Forças e Oportunidades	Forças	<ul style="list-style-type: none"> -A proximidade de Lisboa (grande cidade e capital de Portugal) e acesso às principais infraestruturas de transporte e localização geográfica de transição (TST - Transporte Sul do Tejo) - Qualidade e diversidade de recursos naturais, incluindo recursos hídricos - Potencial valor turístico - Facilidade em adquirir equipamentos e espaço para eventos culturais; festividades tradicionais associativas - Grande capacidade de atração turística - Edifícios históricos com enorme valor patrimonial arquitetónico - Qualidade a nível gastronómico - Alto nível de população jovem na região de Sesimbra - Capacidade de armazenamento de viaturas rodoviárias
	Oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> - Estruturação de atividades e ofertas turísticas mais diversificadas, envolvendo toda a área da Serra da Arrábida, incluindo a vila de Sesimbra - Sesimbra ser um destino privilegiado do Turismo de Saúde - Melhoramento dos equipamentos culturais para uma melhor procura turística - Melhoramento dos percursos pedonais para dar acessos às praias existentes - Aproveitamento dos recursos naturais para produção de energias renováveis, por exemplo a energia eólica e a energia solar - Criação de ambientes rurais e integração no turismo - Potencialidade no desenvolvimento do sector primário, nomeadamente o cultivo, na agricultura
Fraquezas e Ameaças	Fraquezas	<ul style="list-style-type: none"> - Incapacidade de resposta ao turismo presente - Taxa de empregabilidade baixa - Elevados custos e demasiados processos para o desenvolvimento físico do Cabo Espichel - Abandono e degradação do património cultural histórico - Fraca disseminação do local - Falta de medidas governamentais para a conceção e apoios financeiros na reabilitação de edifícios históricos
	Ameaças	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de visibilidade do Cabo Espichel e da sua cultura - Degradação total dos edifícios históricos - Falta de medidas para enquadramento de quaisquer projetos em programas privados e de apoio ao Turismo de Portugal.

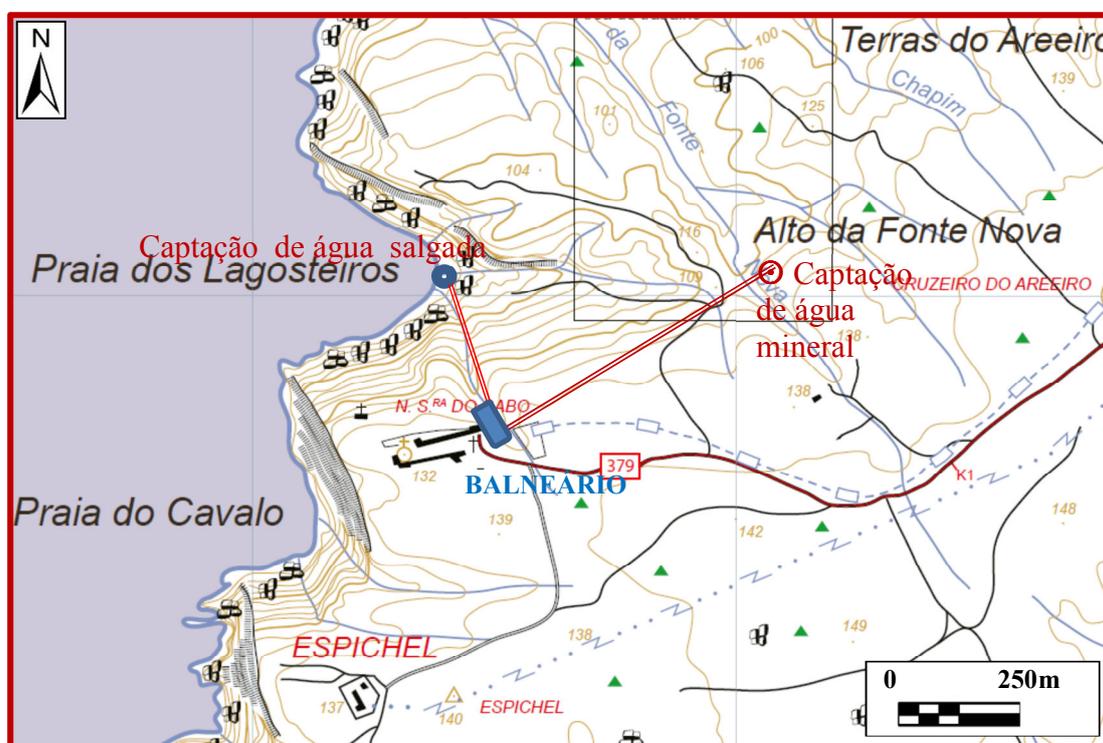


Fig. 5 - Implantação dos sistemas de captação (Poço de água salgada e Furo de água mineral potencial) e sistemas de adução para o futuro Balneário de Talassoterapia e Termalismo do Cabo Espichel (Sesimbra).

Assim, a proposta global inclui não só o complexo de talasso-termal, mas também outros serviços que justifiquem essa ideia. Esse conjunto está dividido em quatro setores que iriam funcionar independentes: o complexo talasso-termal, que tem ligação direta ao hotel; a hotelaria, que tem um restaurante que poderá servir para clientes exteriores ao hotel; um espaço multiusos; e a zona dinamizada pelo turismo, utilizada por todos os visitantes.

Proposta do Balneário Talasso-Termal

A área de intervenção da proposta está assente no eixo que liga o elemento em U (igreja e hospedarias) e a Casa da Água (Fig.6), sendo que os limites do terreno são definidos pelo próprio edifício, pois o Balneário Talasso-Termal ficará semi-enterrado, com a cobertura à mesma cota que as hospedarias, obtendo a ideia de continuidade e relação com o terreno.

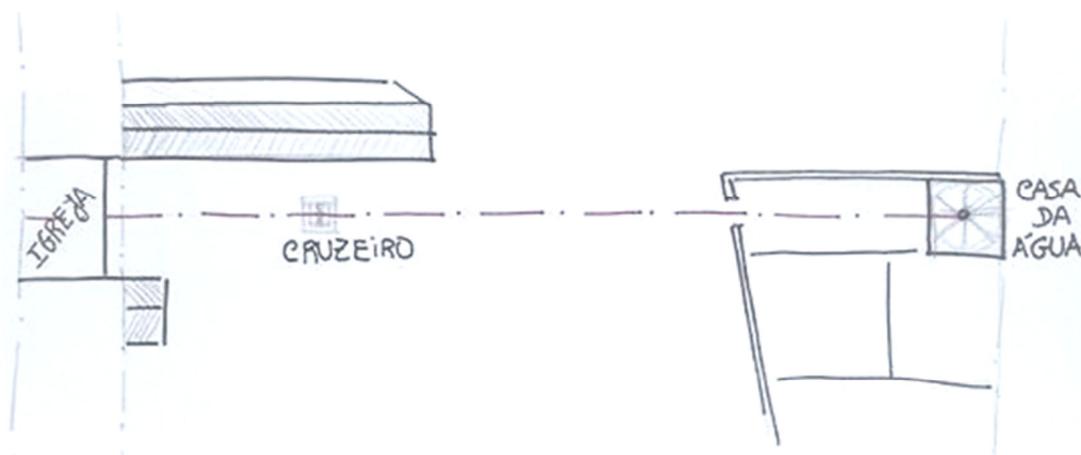


Figura 6. Representação do eixo principal do terreno em esquiço (Cardim Aldeia, 2017).

O balneário semi-enterrado, terá apenas uma fachada visível em paisagem, para o lado mais a norte (Fig.7 e Fig.8), de forma a usufruir da paisagem e a não distorcer a mesma no terreno, enaltecendo os edifícios históricos existentes.

Os acessos ao balneário serão feitos de duas formas: uma com acesso a partir do exterior e outra com o acesso junto à receção do hotel, sendo que o complexo talasso-termal será um edifício público. O acesso por via exterior é marcado por um elemento em rampa, que rasga o terreno e o interior do edifício, criando um miradouro. Esse elemento é também usado para separar as funções nas divisões dos espaços, sendo que no lado esquerdo estão as zonas de tratamentos e no lado direito está a zona de receção, juntamente com a coluna de ligação à zona técnica. Relativamente à organização espacial do complexo talasso-termal, está dividido em três pisos:

- a) O piso -1, correspondente ao piso mais elevado, destinado à receção com um núcleo de distribuição e acesso central, para quem acede do hotel ou do exterior, considerada a “zona seca”. Estão presentes as zonas de consultórios médicos e de enfermagem, ginásio, reabilitação física, e de tratamentos para as vias respiratórias.
- b) O piso -2, com um pé direito mais alto que o anterior, inclui uma zona aqua-lúdica, com uma piscina interior e ao mesmo tempo exterior; zona de banho turco; sauna; balneoterapia e termoterapia; duche de jato; Vichy. Este piso tem ainda um outro piso intermédio formando um género de galeria e quanto à sua funcionalidade o piso intermédio e o piso -2 estão divididos em 2 partes devido a um lado pertencer à zona de talassoterapia e a outra pertencer à zona de termalismo. No lado esquerdo é a zona de termalismo e a do lado direito a da

talassoterapia, separadas propositadamente, para que haja uma melhor funcionalidade dos tratamentos e em termos de saúde, possa haver uma prescrição médica mais fácil de efetivar. Portanto, o piso -2 e o piso intermédio, são caracterizados como “zona húmida”.

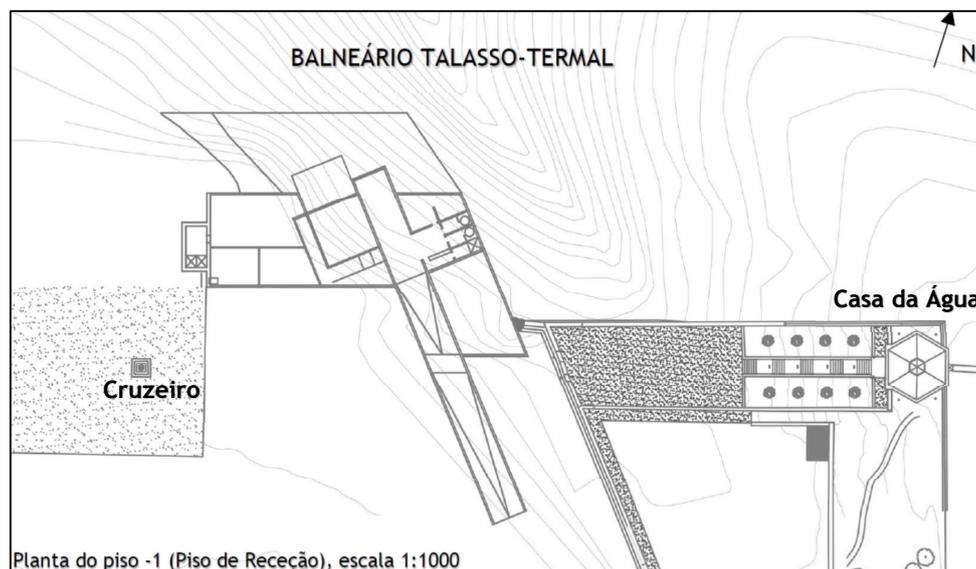


Fig. 7 Implantação da proposta inicial do Potencial Balneário Talasso-Termal do Cabo Espichel (Cardim Aldeia, 2017).

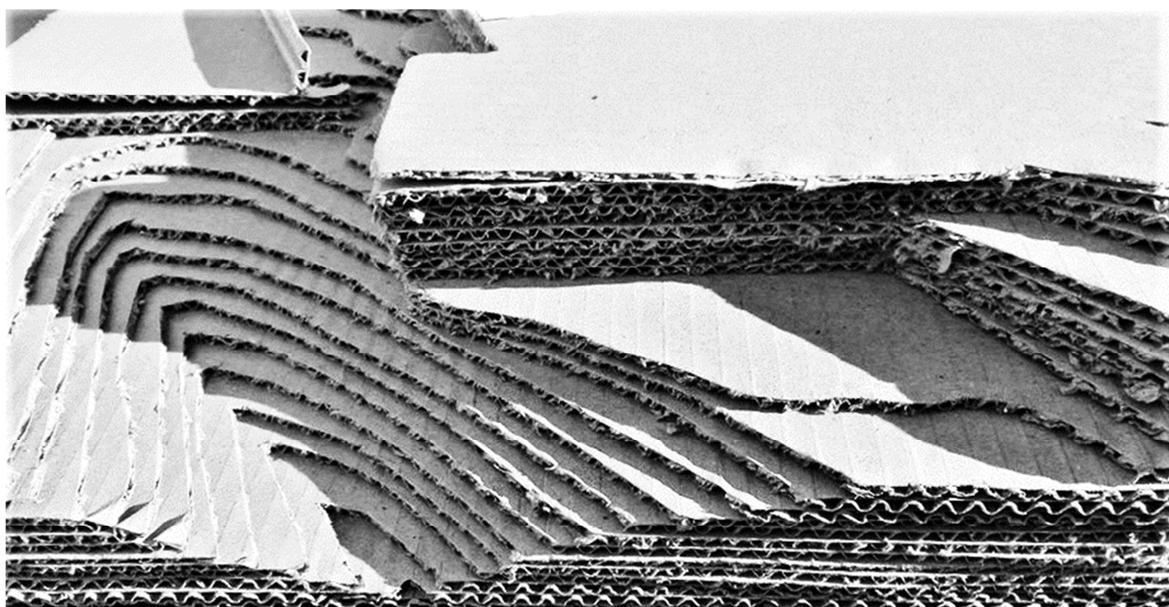


Fig. 8 - Maquete de estudo, tendo em conta as zonas de luz e sombra no terreno, com a implantação do edifício da proposta (Cardim Aldeia, 2017).

c) Por fim, o piso -3 é destinado à zona técnica e de manutenção. A central de bombagem localiza-se neste piso mais inferior, bem como os sistemas de armazenamento de água, sistemas de tratamento de água das piscinas, sistemas de higienização dos equipamentos, redes à vista dos vários sistemas (rede de água salgada, rede de água mineral, rede de água potável, rede de higienização, rede de ar comprimido, rede de monitorização, de entre outras), e equipamento para aquecimento da água sanitária e de águas com várias temperaturas para os

vários tratamentos. Por fim, está em aberto a associação a este piso da colocação de sistemas de apoio à produção de eletricidade a partir de aerogeradores associados discretamente em posições especiais, de modo a tornar o projeto mais sustentável, pois o local é muito ventoso e pode-se tirar proveito de tal situação de modo a obter energia económica e ecológica para favorecer em particular a climatização de todo o edifício e ainda o aquecimento de todos os fluidos envolvidos no projeto.

Salienta-se que, o acesso ao complexo a partir do exterior através de uma rampa pedonal, representa um elemento arquitetural muito forte para o projeto, pois acentua uma particularidade muito característica do terreno: ao mesmo tempo que se caminha pela rampa, nota-se que existe uma variação climática e espacial devido à posição dos edifícios existentes. A intenção que se requer é que o utilizador desça essa rampa, observando o miradouro, como se estivesse a entrar dentro de água e, ao chegar ao fim dessa rampa, entre no edifício observando a paisagem através de um miradouro interno já num ambiente diferente como se estivesse a mergulhar dentro d'água.

CONCLUSÕES

O Cabo Espichel tem elevado potencial a nível turístico devido ao composto arquitetónico existente no local e como consequência recebe dezenas de pessoas diariamente, sendo este uma prova de que o local tem uma enorme importância e está a ser cada vez mais conhecido a nível internacional. Porém, não só pela sua arquitetura, o local onde se encontra implantado o santuário, apresenta uma das melhores e singulares paisagens a nível nacional, rodeado pelo mar e pela vasta vegetação pertencente à Serra da Arrábida.

A proposta global surge no sentido de recuperar os edifícios históricos, com a intenção de dinamizar o turismo no local. São apresentados diversos serviços, com a intenção de servirem como suporte e apoio ao turismo, nomeadamente o funcionamento hoteleiro e a divulgação das atividades a desenvolver na zona. Associado ao equipamento hoteleiro irá nascer o complexo talasso-termal, dado como âncora ao serviço do hotel e como uma segunda opção de tipo de turismo, o turismo de saúde.

O Complexo Talasso-termal, a nível conceptual, surge através do eixo mais marcante do terreno. No terreno, superficialmente o edifício dá importância ao miradouro existente entre a Casa da Água e as Hospedarias, não estando visivelmente presente. Isto é, o edifício não será erguido à mesma cota do terreiro com o propósito de não sobressair perante os edifícios históricos, tornando-se um edifício pouco invasivo. O conceito deste edifício une as duas vertentes: talassoterapia e termalismo, com o objetivo de proporcionar tratamentos com base na água salgada e água mineral (não salgada).

A concretização de um projeto desta envergadura seria inédita em Portugal pois não existe atualmente qualquer projeto arquitetónico que integre no mesmo Balneário a *Talassoterapia* sustentada na água salgada e o *Termalismo* sustentado na água mineral.

Acredita-se que a implementação do complexo em proposta serviria de alavanca a outras unidades similares, e inclusive revolucionar a prática da talassoterapia em Portugal, que infelizmente nem sequer está legislada.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se o suporte financeiro concedido pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), Portugal, através do financiamento plurianual da Unidade GEOBIOTEC-UID/GEO/04035/2013.

REFERÊNCIAS

- [1]-Cardim Aldeia, P., Recuperação do Santuário do Cabo Espichel - Hotel Rural & Talassoterapia". Trabalho realizado no âmbito da Unidade Curricular de Habitat Rural. Universidade da Beira Interior, 63p., 2015.
- [2]-Cardim Aldeia, P., Complexo Talasso-Termal no Cabo Espichel. Turismo de Saúde. Termalismo e Talassoterapia.. Diss. de Mestrado em Arquitetura (no prelo). Universidade da Beira Interior., 106p., 2017.
- [3]-Carriço, A. P. S., Metamorfoses do Espaço Termal. O caso das Termas de S. Pedro do Sul. Tese de Doutoramento em Arquitetura, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2013.
- [4]-C. M. S., História. Câmara Municipal de Sesimbra: site: <http://www.cm-sesimbra.pt/pages/427>, 2015.
- [5]-F.C.G.; O Santuário da Nossa Senhora no Cabo Espichel. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1964.
- [6]-Fernandes, J. V. e Fernandes, F. M. V., SPAs, Centros Talasso e Termas - Turismo de Saúde e Bem-estar, Gestão Plus Edições, Lisboa, 2008.
- [7]-Figueiredo, S. e Carvalho, J., A Pré-História do Espichel - Subsídios para uma Carta Arqueológica do Cabo Espichel, Edições Cosmos e CPGP, 2007.
- [8]-Mangorrinha, J., O Lugar das Termas. Lisboa: Livros Horizonte, 2000.
- [9]-Medeiros, C. L., e Cavaco, C., (eds.), Turismo de saúde e bem-estar. Termas, spas termais e talassoterapia, CEPCEP da Universidade Católica Portuguesa, Lisboa. 294p., 2008.
- [10]-Quintela, V.M.A., Estudos Geohidráulicos, Ambientais e de Ocupação Urbana na Área da Estância Termal e Climatológica de Unhais da Serra, Dissertação de Mestrado. Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2009.
- [11]-Ramos, A.R. C.C. V., "Termalismo em Portugal: Dos factores de obstrução à revitalização pela dimensão turística". Tese de Doutoramento apresentada à universidade de Aveiro, 2005.
- [12]-Rocha, C. R., Talassoterapia: Melhoria da qualidade de vida. Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte, 2, 2006.
- [13]-S. M. P., Setúbal 2026 - Plano Estratégico de Desenvolvimento. Obtido de Setúbal Município Participado; site: http://www.mun-setubal.pt/temps/dossiers/05_06_16_03_setubal2026.pdf, 5 de Maio de 2016.
- [14]-Turismo de Portugal., (World Travel Awards 2016: Turismo de Portugal é o melhor organismo oficial de Turismo da Europa pelo terceiro ano consecutivo), site: <http://www.turismodeportugal.pt/Portugu%C3%AAs/turismodeportugal/destaque/Pages/WorldTravelAwards2016TurismodePortugaleomelhororganismooficialdeTurismodaEuropapeloterceiroanoconsecutivo.aspx>, obtido em 7 de Março, 2017.

ARTIGO REF: 7031

ACÇÕES DE SISMO PARA O DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL EM MOÇAMBIQUE - DESAFIOS E PERSPECTIVAS

Rogério Francisco Pave^{12(*)}, Elvin Alex²

¹Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Engenharia, Maputo, Moçambique

²University of Witwatersrand, Civil and Environmental Engineering, Johannesburg, South Africa

(*)*Email*: rogerio.pave@uem.mz

RESUMO

A região Africana mais exposta à actividade sísmica é provavelmente a do leste, onde mais de 3000km do vale do Rift atravessa 15 países, estendendo-se desde o norte da Etiópia descendo até à região central de Moçambique (Figura 1). Esta região é visitada frequentemente por fortes sismos, incluindo o M7 que abalou Moçambique em 2006 (Worku, 2014).

O evento foi sentido em grande parte da África Austral, com muitas cidades sul Africanas alcançadas com intensidade (6) para Louis Trichardt e Phalaborwa, (3) para Durban e Middelburg, (2) para Pretoria e Joanesburgo. Pessoas foram evacuadas de edifícios altos em Durban e várias paredes colapsaram (Pule & Saunders, 2009). No epicentro, uma falha de cerca de 300 m de comprimento resultou deste evento, como ilustra a Figure 2.

A consciência sobre o eminente risco da ocorrência sísmica, em muitos países da África sub Sahariana, é surpreendentemente baixa. Países com regulamento estrutal próprio com acção sísmica são poucos. Os regulamentos existentes não são regularmente actualizados, são obsoletos e irrealísticos e conduzem a um dimensionamento inseguro, numa altura em que a engenharia sísmica no mundo conheceu níveis de avanço incoparáveis (Worku, 2014).

Da sua investigação "The Status of Basic Design Ground Motion Provisions in Seismic Design Codes of sub Saharan African Countries, a Critical Review", apresentado no "Journal of South African Institution of Civil Engineering 2014", o Professor Asrat Worku da Addis Ababa University, chegou à conclusão que muitos dos regulamentos na região da África sub Sahariana precisam duma revisão cautelosa e em alguns casos duma remodelação profunda.

Não obstante parte significativa do território Moçambicano ser atravessado pelo vale do Rift e vivendo uma actividade sísmica regular, continua sem regulamentação para o sísmico. Assim, o dimensionamento estrutural tende a não ser realístico, podendo se tornar inseguro ou anti-económico, com certos intervenientes preocupando-se com a segurança, enquanto que outros se preocupam com poupanças económicas imediatas em detrimento da segurança. Nos anos recentes em Moçambique, aumentou a preocupação do governo em resultado do aumento de infraestruturas tais como escolas, hospitais, etc, que não resistm às acções a que são impostas.

Para um país que pretenda desenvolver a regulamentação sísmica pela primeira vês, um substancial volume de investigação é requerido, o que de certa forma, relega os países em subdesenvolvidos a permanecerem muitos anos sem adequada regulamentação.

O presente artigo pretende ilustrar os desafios que Moçambique têm enfretado no sector da engenharia sísmica desde a colocação da primeira estação sismológica em 1957. Perespectivas para a preparação de acções sísmicas para o cálculo sísmica em Moçambique são analisadas.



Fig. 1 - Vale do Rift em Africa (fonte: GSHAP)



Fig. 2 - Falha aberta pelo sismo de 2006 em Moçambique (fontmte: INAM)

REFERÊNCIAS

- [1]-Mira, J. A.: A Sismologia em Moçambique e Seu Projecto de Desenvolvimento - Instituto Nacional de Geologia, Maputo, Moçambique, 1986.
- [2]-Pule, T. & Saunders, I.: Recent Seismicity in the Mozambique Region and Its Impact/Effects in South Africa-11th SAGA Biennial Technical Meeting & Exhibition, Swaziland, 2009.
- [3]-Trêpa, M. V.: Alguns Aspectos da Sismocidade em Moçambique - Serviço Meteorológico Nacional, Publicação GEO142, Lisboa, Portugal, 1970.
- [4]-Worku, A.: The Status of Basic Design Ground Motion Provisions in Seismic Design Codes of sub Saharan African Countries, a Critical Review”, - Journal of South African Institution of Civil Engineering, Vol 56 No 1, South Africa, 2014.

PROCEEDINGS

CLME2017 / V CEM

8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia
V Congresso de Engenharia de Moçambique
Maputo (Moçambique), 4-8 Setembro 2017

SIMPÓSIO-27

TICE-Tecnologias da Informática, Comunicações e Electrónica

Coordenadores

António Navarro^{1(*)} e Vasco Lagarto^{2(*)}

¹Instituto de Telecomunicações/U. Aveiro, Aveiro, Portugal

²Associação TICE.PT, Aveiro, Portugal

^(*)Editores Associados para os artigos deste Simpósio

ARTIGO REF: 6461

SUSTAINABLE VILLAGES FOR DEVELOPMENT: PROMOTING DIGITAL INCLUSION

Waldir Moreira^(*)

Fraunhofer Portugal AICOS, Porto, Portugal

^(*)*Email:* waldir.junior@fraunhofer.pt

ABSTRACT

Despite all the advances in Information and Communications Technology (ICT), digital divide is still part of the lives of many citizens - It is estimated that, by the end of 2016, 53% of the world's population will still not have access to the Internet. The problem is further aggravated in developing countries. Reduced and/or non-existent access to ICT solutions (coupled with poor education and health systems) has a negative impact on the human development index [Ngwenyama *et al.*, 2006]. It is therefore imperative that opportunities for cooperation be identified between key societal entities (i.e., academia, industry and government), focusing on the provision of communication infrastructures and services targeting digital divide.

One way to reduce the negative effects of digital divide is to employ ICT for development (ICT4D). The ICT4D approach combines the use of low-cost, easy-to-deploy and easy-to-maintain equipment and user-friendly applications, with the following main objectives: i) *digital inclusion* of citizens located in underserved regions, providing access to technology and communication infrastructures; and ii) *improvement of the quality of life* of these isolated and poor communities (e.g., rural), providing different services that use ICT4D infrastructure, such as in health (e.g., in-situ malaria diagnosis [Devezas *et al.*, 2014]); access to services (e.g., offline access to the Internet [Oliveira *et al.*, 2014]); education (e.g., literacy and access to reading [Almeida *et al.*, 2014]). Contrary to what is observed in developed countries, where access to technology and communication infrastructures is rather common, in underserved regions of developing countries ICTs are non-existent. In addition, these regions are spread over a large geographical area. These characteristics introduce numerous challenges regarding the deployment of communication networks and the provision of services that we normally have access to in large and developed urban centres: connectivity is intermittent, latency is high, the number of equipment is limited, and end-to-end paths between communicating parties may (or not) exist.

Considering the need to promote digital inclusion and the characteristics of these communities, Figure 1 (a) illustrates our concept of Sustainable Villages for Development (SV4D), aiming at improving the quality of life of citizens in remote regions through access to infrastructure, connectivity and services once unavailable or accessible only in urban centres. Figure 1 (b) shows the SV4D architecture, where its communication infrastructure can meet the needs of underserved communities through the different aforementioned services.

Our SV4D solution focuses on the *provision of broadband access to isolated communities*, considering the existence or not of communication infrastructure. The low population density and the distance from the large urban centres make these communities unattractive when it comes to investments for deploying optical fibre and/or cell towers. This contributes to digital

divide. With that in mind, our solution extends the state of the art regarding connectivity in remote regions, adapting them to the characteristics of existing technologies in the target communities, and reducing their complexity concerning utilization and maintenance, making them self-configuring, resilient and robust (i.e., solar powered, remote management).

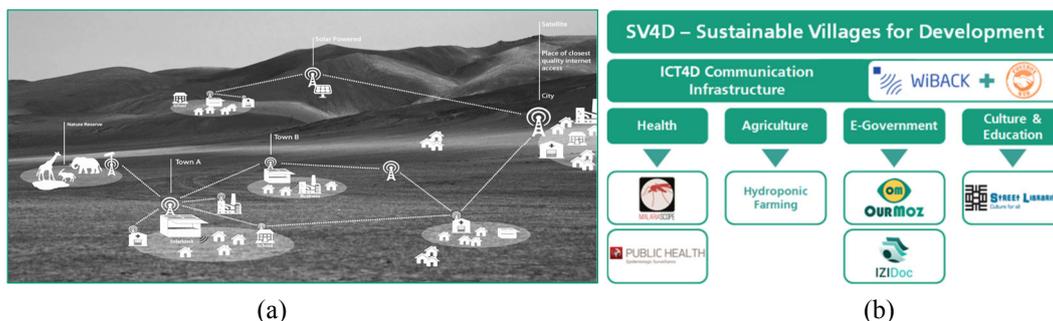


Fig. 1 - (a) Example of sustainable villages for development, (b) SV4D architecture

Another aspect addressed in our solution relates to the proposed *software framework* that considers the concept of Delay/Disruption Tolerant Networks (DTN [Burleigh et al., 2007]). Such a framework targets a solution for Android devices that addresses inherent characteristics of the target communities (e.g., intermittent connectivity and lack of end-to-end paths), exploring the Store-Carry-Forward paradigm that "simulates" the notion of permanent connectivity. This allows users to produce and exchange data (i.e., emails, documents, e-books, diagnosis) among their mobile devices until the information reaches the intended destination (i.e., citizen, government agencies, schools, doctors).

Finally, our SV4D proposal is *flexible and interoperable*, allowing its integration into existing mobile networks owned by commercial operators. This feature makes it possible to avoid costly investments in infrastructure (i.e., optical fibre, towers) since the SV4D communication infrastructure extends the capillarity of the cellular network, and is also able to serve the citizens of these remote communities.

ACKNOWLEDGMENTS

The author would like to acknowledge the financial support obtained from North Portugal Region Operational Programme (NORTE 2020), Portugal 2020 and the European Regional Development Fund (ERDF) from European Union through the project Symbiotic technology for societal efficiency gains: Deus ex Machina (DEM), NORTE-01-0145-FEDER-000026.

REFERENCES

- [1]-Almeida, P., Teixeira, V., & Elias, D., Innovation in Digital Street Libraries to Enhance Social Development and Cultural Cooperation. In: Proc. of CLME 2014, (2014) 473-474.
- [2]-Burleigh, S. et al., RFC4838-Delay-Tolerant Networking Architecture, (2007).
- [3]-Devezas, T. et al., MalariaScope's User Interface Usability Tests: Results Comparison Between European and African Users. In: International Conference on e-Infrastructure and e-Services for Developing Countries. Springer International Publishing, (2014), 241-250.
- [4]-Ngwenyama, O. et al., Is There A Relationship Between ICT, Health, Education And Development? An Empirical Analysis of five West African Countries from 1997-2003. The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries, 23 (2006).
- [5]-Oliveira, R., Teixeira, V. & Elias, D., Framework for Offline Mobile Data Communications. In: Proceedings of Tech4Dev International Conference (2014).

DESENHO DA COMPONENTE DE TRANSPORTE DE UMA REDE DE TELECOMUNICAÇÕES PARA ANGOLA

Duano L. Silva^{1(*)}, João J. O. Pires²

¹Angola Telecom, Luanda, Angola

²Instituto de Telecomunicações, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

(*)Email: duanosilva@hotmail.com

RESUMO

O objectivo deste artigo é propor o desenho da componente de transporte de uma rede de telecomunicações de referência para Angola, assim como apresentar um modelo de tráfego tendo por horizonte um período de 10 anos. A proposta do desenho da rede teve por base a infra-estrutura das redes dos operadores fixos já existentes, e o modelo de tráfego foi obtido a partir de dados estatísticos disponíveis em Angola para o tráfego das áreas de aplicação de dados e de voz.

O crescimento constante do tráfego, particularmente de dados, nas redes de telecomunicações coloca desafios importantes no desenho/projecto da componente de transporte ou de longa-distância dessas redes. Este artigo pretende dar resposta a esses desafios propondo uma rede de transporte de referência para Angola. Essa rede pode ser vista como uma infra-estrutura baseada em fibra óptica que suporta todo o tráfego gerado em Angola. A definição dessa rede de referência implica a definição da topologia física e a modelação do crescimento do tráfego. A topologia física foi obtida tendo como ponto de partida as infra-estruturas individuais dos Operadores de serviços de telecomunicações existentes em Angola. Existem actualmente cinco licenças atribuídas para Operadores de rede, das quais duas são licenças para Operadores de serviços móveis e três para Operadores de serviços fixos [1].

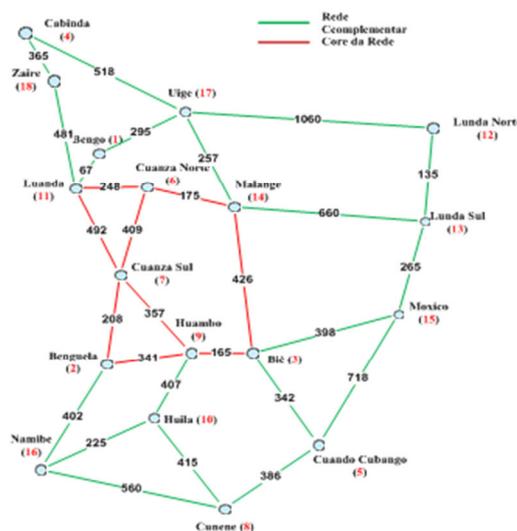


Fig. 1 - Topologia física da rede de transporte Angolana.

Na Fig. 1 está representada a topologia física da rede de transporte proposta. Note-se que se tem um nó por cada provincia do país e que os comprimentos das diferentes ligações entre os nós da rede estão expressos em km. A ligação mais curta tem um comprimento inferior a 100

km e a mais longa inferior a 1100 km. Estes dados são importantes, na medida que permitem concluir que a transmissão entre os diferentes nós pode ser feita totalmente no domínio óptico, usando fibras ópticas e amplificadores ópticos, sem haver necessidade de recorrer a regeneradores para funções de repetição a nível eléctrico, o que permite uma redução significativa do custo da rede.

A modelação do tráfego de longa-distância foi feita tendo por base a informação estatística disponível para o tráfego de dados (Internet) e de voz (fixa e móvel) existente em Angola em 2014 [2] e formulações matemáticas que permitem estimar os fluxos de tráfego entre dois nós da rede de transporte, tendo em conta certos parâmetros como a população das províncias servidas pelos nós, a distância geográfica entre os nós, o número de utilizadores Internet em cada província, etc. [3], [4]. Usando essa modelação foi construída uma matriz de tráfego total com o valor médio dos fluxos de tráfego entre todos os nós da rede de transporte, representados na Fig. 1, tendo por base o ano 2014. Para obter a matriz de tráfego para um período de 10 anos admitiu-se que o tráfego de voz e de dados tinham um crescimento anual, respectivamente, de 10 e 30%.

Tabela 1 - Matriz de Tráfego Total em 2024 [em Gb/s].

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	0,0	1,8	0,4	1,8	0,1	0,4	0,7	0,1	0,8	0,9	221,6	0,2	0,1	0,5	0,1	0,3	0,6	0,3
2	1,8	0,0	3,1	16,3	0,6	2,5	6,9	1,1	7,3	9,3	1 954,4	1,6	0,8	3,8	0,5	2,5	3,6	2,3
3	0,4	3,1	0,0	3,0	0,4	0,6	1,4	0,4	3,3	1,8	354,2	0,4	0,3	1,1	0,4	0,5	0,9	0,5
4	1,8	16,3	3,0	0,0	0,4	2,7	5,0	0,8	6,5	8,0	2 231,0	1,7	0,8	4,0	0,4	2,5	3,9	2,6
5	0,1	0,6	0,4	0,4	0,0	0,1	0,3	0,2	0,5	0,5	51,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1
6	0,4	2,5	0,6	2,7	0,1	0,0	1,0	0,2	1,2	1,3	318,1	0,3	0,2	0,9	0,1	0,4	0,8	0,4
7	0,7	6,9	1,4	5,0	0,3	1,0	0,0	0,5	3,1	3,2	594,5	0,6	0,3	1,6	0,3	0,8	1,6	0,8
8	0,1	1,1	0,4	0,8	0,2	0,2	0,5	0,0	0,7	1,1	95,3	0,1	0,1	0,3	0,1	0,2	0,3	0,2
9	0,8	7,3	3,3	6,5	0,5	1,2	3,1	0,7	0,0	4,3	775,3	0,8	0,4	1,9	0,4	1,1	1,8	1,0
10	0,9	9,3	1,8	8,0	0,5	1,3	3,2	1,1	4,3	0,0	956,0	0,9	0,5	2,0	0,3	1,8	2,0	1,2
11	221,6	1 954,4	354,2	2 231,0	51,0	318,1	594,5	95,3	775,3	956,0	0,0	199,7	97,6	473,4	38,9	292,9	445,2	298,0
12	0,2	1,6	0,4	1,7	0,1	0,3	0,6	0,1	0,8	0,9	199,7	0,0	0,5	0,5	0,2	0,2	0,5	0,3
13	0,1	0,8	0,3	0,8	0,1	0,2	0,3	0,1	0,4	0,5	97,6	0,5	0,0	0,3	0,2	0,1	0,3	0,1
14	0,5	3,8	1,1	4,0	0,2	0,9	1,6	0,3	1,9	2,0	473,4	0,5	0,3	0,0	0,2	0,6	1,3	0,6
15	0,1	0,5	0,4	0,4	0,1	0,1	0,3	0,1	0,4	0,3	38,9	0,2	0,2	0,2	0,0	0,1	0,2	0,1
16	0,3	2,5	0,5	2,5	0,1	0,4	0,8	0,2	1,1	1,8	292,9	0,2	0,1	0,6	0,1	0,0	0,6	0,3
17	0,6	3,6	0,9	3,9	0,2	0,8	1,6	0,3	1,8	2,0	445,2	0,5	0,3	1,3	0,2	0,6	0,0	0,9
18	0,3	2,3	0,5	2,6	0,1	0,4	0,8	0,2	1,0	1,2	298,0	0,3	0,1	0,6	0,1	0,3	0,9	0,0

A Tabela 1 apresenta a matriz de tráfego total tendo por alvo o ano 2024, expressa em unidades de Gigabit/s. Como se pode ver o maior fluxo de tráfego tem lugar entre a cidade de Luanda (11) e a cidade de Cabinda (4) e corresponde a um débito de 2231 Gb/s. Esses débitos, embora elevados, não colocam nenhum desafio às tecnologias de transmissão óptica actualmente existentes no mercado, que permitem atingir capacidades de cerca de 9000 Gb/s por fibra óptica.

REFERÊNCIAS

- [1]-MTTI - Ministério das Telecomunicações e Tecnologias de Informação, Livro Branco das Tecnologias de Informação e Comunicação, Lei base angolana, Luanda: MTTI, 2006.
- [2]-MTTI - Ministério das Telecomunicações e Tecnologias de Informação, “Estatística do sector das Telecomunicações em Angola, Relatório,” Trimestral, Dezembro 2014.
- [3]-A. Dwivedi e R. E. Wagner, “Traffic Model for USA long-distance optical network,” em Optical Fiber Communication Conference 2000, USA, 2000.
- [4]-S. D. Maeschalck, D. Colle, I. Lievens, M. Pickavet, P. Demeester, C. Mauz, M. Jaeger, R. Inkret e B. Mikac, “Pan-European Optical Transport Networks: An Availability-based Comparison,” Photonic Network Communications, vol. 5, pp. 203 - 225, Maio 2003.

ARTIGO REF: 6558

SERVIÇOS COMPLEMENTARES SOBRE A INFRAESTRUTURA DE TI: A PRESSÃO TECNOLÓGICA DE SOLUÇÕES VOIP E CCTV-IP

Vitor M. O. B. Guerra^(*)

ALTEL - Telecomunicações e Sistemas, Lda - Maputo, Moçambique

^(*)*Email:* vguerra@altel.co.mz; vguerra.sts@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho pretende abordar as questões relativas à pressão que as necessidades de novos serviços a implementar exercem sobre a infraestrutura de Tecnologias de Informação.

As redes informáticas tiveram como mote principal da sua génese a necessidade de interligar computadores e partilhar dados entre eles.

Ao longo dos anos, a definição de “dados” foi-se alargando abrangendo hoje conteúdos tão díspares como voz (telefonía sobre IP) ou a videovigilância (CCTV IP).

A substituição de cablagem específica para cada um destes serviços, como é o caso do cabo TVHV para a telefonía ou do cabo coaxial para a videovigilância pela cablagem estruturada em UTP ou fibra, impôs à infraestrutura de dados exigências importantes quer a nível de largura de banda, quer a nível de velocidades de transmissão.

Estas mesmas exigências se refletem nas soluções sem fio que tem vindo a ser adoptadas cada vez mais pelas infraestruturas de TI.

Toda esta pressão de novos serviços com necessidades acrescidas reflete-se nas opções que devem ser tomadas quando se pretende fazer a expansão ou actualização da infraestrutura de rede das instituições.

Serão analisados, entre outros, os seguintes aspectos:

- Tecnologias, padrões e protocolos envolvidos na telefonía sobre IP;
- Tecnologias, padrões e protocolos envolvidos na videovigilância IP;
- Necessidades de largura de banda e velocidades de transmissão da infraestrutura;
- Pontos-chave de sucesso para a implementação destes serviços sobre infraestruturas existentes;
- Factores condicionantes tecnológicos, legais e comerciais para a implementação dos serviços em Moçambique.

O conjunto de normas H.323 define o modo como o tráfego de voz, vídeo e dados em tempo real podem ser transportados através de redes baseadas no protocolo IP. Esta norma é ainda baseada nos protocolos Real Time Protocol (RTP) e Real Time Control Protocol (RCTP), para gerir sinais de áudio e vídeo.

O protocolo SIP (Session Initiation Protocol) foi desenvolvido com o objectivo de permitir o estabelecimento, alteração e terminação de sessões multimédia com um ou mais participantes, sendo que a comunicação em si mesma, depois de estabelecida, terá que usar outro(s) protocolo(s) para efectuar o transporte entre a origem e o destino.

São ainda necessários protocolos de compressão de voz, para a redução da largura de banda necessária sendo os mais importantes: G723.1, G729 e G.729a e G.711. Para o caso do vídeo os standards mais comuns para a compressão de vídeo são o M-JPEG e o MPEG-4/H.264.

A telefonia tradicional requeria um circuito permanente de 64Kbps entre dois telefones para estabelecer a comunicação. Com a utilização de codecs de compressão podemos reduzir significativamente a largura de banda necessária para a comunicação de voz, por exemplo com o codec G.729 podemos alcançar valores abaixo dos 10Kbps.

A largura de banda necessária para a transmissão de vídeo depende não só dos codecs de compressão, mas fundamentalmente da resolução e do tamanho da imagem a transmitir. A seguir um exemplo:

ORIGINAL 1:1 / 30fps	COMPRESSÃO M-JPEG 32Kbytes/frame:30fps	COMPRESSÃO M-JPEG (32Kbytes/frame:7.5fps) = 100:1
720x576 x 30 x 3 x 8 = 300MBps	8-9 Mbps	2,3 MBps

Para uma implementação de sucesso de serviços de voz e vídeo sobre infraestruturas de rede já existentes alguns pontos devem ser tido em conta, tais como:

- Análise do estado da rede;
- Escolha do equipamento;
- Compressão (qualidade versus largura de banda);
- Segurança da informação ou
- Análise para implementação segundo as melhores práticas, etc.

Existem ainda factores condicionantes que tem a ver com a realidade local, como a falta de legislação sobre a protecção de dados ou a não existência de prefixos na numeração nacional para telefonia VoIP.

REFERÊNCIAS

- [1]-Brandl, M., IP Telephony Cookbook, (2004), Terena Report.
- [2]-Davidson, J., Peters, J., Voice over IP fundamentals, (2000), Cisco Press.
- [3]-Tanenbaum, Andrew S., Redes de Computadores, (2003), Elsevier.
- [4]-Quadros, Thiago, Sistema de Vigilancia Inteligente com Câmeras IP sem fio, (2013), Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- [5]-Del Valle, José G., La videovigilancia: Tecnologias actuales y aspectos sociopolíticos, (2013), Universidad Politécnica de Madrid.

ARTIGO REF: 6638

OPTIMAL BITRATE FOR THE SCALABLE HIGH EFFICIENCY VIDEO CODING (SHVC)

Alexandre Santiago^{1,2}, António Navarro^{1,2(*)}

¹Universidade de Aveiro, Depart. Eng^a Electrónica, Telecomunicações e Informática, Aveiro, Portugal

²Instituto de Telecomunicações, Pólo de Aveiro, Aveiro, Portugal

(*)*Email*: navarro@av.it.pt

ABSTRACT

The increasing diversity of video based services and the growing popularity of HD video and beyond-HD formats (e.g., 4k x 2k or 8k x4k resolution) are creating stronger needs for coding efficiency superior to H.264/MPEG-4 AVC capabilities [1]. The desire for higher quality and resolutions are being imposed by its users nowadays. As a result, MPEG and VCEG have formed a Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC) to develop a successor to H.264/MPEG-4 AVC. This standard is referred as High Efficiency Video Coding (HEVC) [2]. HEVC has been developed to address essentially all existing applications of H.264/MPEG-4 AVC and to achieve multiples goals, including coding efficiency, data loss resilience, as well as implementability using parallel processing architectures. Results show a reduction in bit rate requirements by half with similar subjective perceptual quality when compared with H.264/MPEG-4 AVC, at the expense of increased computational complexity. The first version of HEVC was completed in January 2013, and several revisions have been deployed since then. This paper is describing some research work based on the extension of HEVC, that of Scalable HEVC, in other words SHVC [3].

SHVC became the first scalable video coding standard that is built upon high-level syntax only (HLS-only) scalable coding framework. Empowered by efficient inter-layer reference picture processing modules, SHVC achieves high scalable coding efficiency without requiring any block-level coding logic changes to the single-layer HEVC cores. Given that SHVC is a finished process, this paper will focus on the scalable extension of HEVC standard and in particular on the partition of the total bit rate over all layers.

The objective of a video encoder is to generate the optimum perceptual video quality, or to minimize distortion, under a certain set of requirements such as channel bandwidth or storage limitations. General speaking, for a specific bit budget, the video encoder should optimally determine a set of the best quantization parameters by minimizing the value of the distortion, since the quantization parameter has a major role in the generation of bits and distortion. If a video sequence is encoded using all the different quantization parameters, then rate and quantization error can be obtained and it is possible to plot the rate-quantization (R-Q) or the distortion-quantization (D-Q) curves. R-Q and D-Q functions characterize the rate-distortion (R-D) behavior of the video encoding process. As far as we know, there is no investigation work in the literature related to the bitrate distribution between spatial resolution layers.

The following Table 1 shows our simulation results obtained from two video sequences, Old Town Cross and Crowd Run encoded in HEVC and SHVC. In both video sequences and for SHVC, the base layer is encoded with 1280x720 pixels and the enhancement layer with 1920x1080 pixels at 50 frames/s. In HEVC, both resolutions are encoded separately. SHVC by using the interlayer prediction achieves a bit reduction and time reduction of 28.7% and

33.6% without any significant loss in quality in comparison to HEVC in simulcast mode. It is clear that an optimal judgment must be carried out to distribute the total bitrate between the two layers. The optimal quantization pairs are $(QP_{BL}, QP_{EL}) = \{(20,32), (24,32), (28,32), (32,36), (36,32)\}$. In the final paper, we will determine the optimal bitrate in function of the optimal quantizer of the enhancement layer, $QP_{EL}=32$.

Table 1 - Coding performance between SHVC and HEVC

		Old Town Cross			Crowd Run		
QP BL	QP EL	Bitrate reduction	Time reduction	PSNR EL gain (dB)	Bitrate reduction	Time reduction	PSNR EL gain (dB)
20	20	7.2%	23.9%	-0.074	12.5%	19.9%	-0.058
20	24	12.4%	27.4%	0.061	25.1%	27.9%	-0.069
20	28	9.2%	25.3%	0.230	27.6%	36.2%	0.837
20	32	7.4%	26.9%	0.821	21.5%	38.9%	2.458
20	36	5.6%	24.8%	1.935	15.0%	37.1%	4.221
24	20	3.8%	24.1%	-0.034	7.3%	18.7%	0.001
24	24	8.1%	26.6%	0.017	16.8%	21.0%	-0.102
24	28	18.2%	27.9%	0.037	33.3%	34.5%	0.001
24	32	18.7%	30.8%	0.517	31.0%	40.3%	1.456
24	36	14.7%	27.7%	1.595	23.2%	39.1%	3.193
28	20	2.2%	23.7%	-0.017	3.7%	18.7%	-0.002
28	24	5.9%	25.6%	0.005	7.9%	19.0%	-0.009
28	28	15.8%	26.6%	-0.023	20.8%	22.6%	-0.175
28	32	27.4%	30.9%	0.116	39.3%	39.7%	0.094
28	36	26.1%	28.5%	1.021	34.5%	40.7%	1.712
32	20	1.0%	23.3%	-0.004	2.0%	18.9%	-0.005
32	24	4.1%	24.4%	-0.002	3.7%	19.0%	-0.007
32	28	10.5%	25.6%	-0.031	8.7%	19.6%	-0.025
32	32	23.2%	30.0%	-0.078	23.3%	24.5%	-0.200
32	36	34.3%	28.2%	0.227	43.7%	39.4%	0.068
36	20	0.4%	22.9%	-0.002	1.0%	19.2%	0.003
36	24	2.3%	24.1%	-0.001	1.7%	19.1%	-0.007
36	28	5.3%	24.8%	-0.026	4.0%	19.3%	-0.021
36	32	14.7%	29.7%	-0.081	9.9%	21.3%	-0.053
36	36	27.6%	27.1%	-0.155	24.8%	25.6%	-0.221

REFERENCES

- [1]-MPEG, "Vision, applications and requirements for high efficiency video coding (HEVC)," in ISO/IEC/JYC1/SC29/WG11 N11872, Daegu, South Korea, 2007.
- [2]-B. Bross, W. Han, G. Sullivan, J. Ohm and T. Wiegand, High Efficiency Video Coding (HEVC) Text Specification Draft 9, document JCTVC-k1003, ITU/ISO/IEC Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC), 2012.
- [3]-J. Chen, J. Boyce, Y. Ye, M. Hannuksela, G. Sullivan and Y. Wang, "High efficiency video coding (HEVC) scalable extension Draft 7," in Joint Collaborative Team on Video Coding, JCTVC-R1008 v7, Sapporo, 2014. Sarkar, A.K., Phosphate Cement-Based Fast-Setting Binders, Am.Ceram.Soc.Bull., 69 (1990) 234-237.

ARTIGO REF: 6721

PROJECTO DE UM SISTEMA DE VIGILÂNCIA PARA ESTACÕES RÁDIO BASE DE UMA EMPRESA DE TELEFONIA MÓVEL

Jamal António dos Campos¹, Omar Anlaue^{2(*)}

¹Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Electrotécnica, Maputo, Moçambique

²Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Engenharia, Centro de Electrónica e Instrumentação

(*)*Email*: omaranlawe@gmail.com

RESUMO

Nos últimos tempos uma das empresas que actua na área de Telefonía Móvel em Moçambique tem sofrido furtos de baterias e geradores nas suas Estações de Rádio Base (ERB). Com o desenvolvimento do dispositivo que representa um sistema de detecção de intrusos e notificação em conexão com as câmaras IP, que por sua vez estão ligadas aos equipamentos de transmissão existente na Estação de Rádio Base, tem-se um sistema de vigilância inteligente. O dispositivo desenvolvido interliga um módulo GSM, LCD, teclado matricial e sensor de presença através de um microcontrolador, de maneira a detectar e notificar através do serviço de mensagens curtas (SMS) a presença de alguém na Estação de Rádio Base enviando o IP da câmara da respectiva estação. Com isso, o operador da central poderá verificar as imagens e constatar se se trata de um furto ou de um trabalho a ser realizado pelos trabalhadores da empresa.

No mercado existem muitos sistemas de vigilância para residências, escritórios, parques de estacionamento, indústrias, hotéis, etc. Muito deles usam Circuitos Fechados de Televisão. Locais particulares onde podem ser encontradas câmeras de um circuito fechado de TV compreendem uma lista generosa de possibilidades. Além de proporcionar uma sensação de segurança para seus proprietários, os sistemas de vigilância costumam reduzir o custo de um grande número de guardas de segurança, uma vez que o controle destes pode estar centralizado num ponto apenas.

Ultimamente os DVR (*digital video recorder*) usados nos circuitos fechados de televisão possibilitam um acesso remoto, ou seja podem-se visualizar as imagens através da internet. Porém, esta empresa conta com 2024 Estações de Rádio Base (ERB) o que tecnicamente estaríamos a dizer que seriam necessários 2024 DVR com acesso remoto. Para monitorar as Estações de Rádio Base (ERB) necessitávamos de uma central de monitoramento com 2024 operadores na razão de um operador para cada ERB, ou 506 operadores na razão de um operador para 4 ERB, ou 253 operadores na razão de um operador para 8 ERB. Pelas razões acima descritas não seria viável o uso de CCTV para vigiar as ERB.

Nas Estações de Rádio Base existem equipamentos de transmissão, tais como BG20, BG64, XDM300, OSN500 dentre outros dependendo do fabricante. Estes equipamentos possuem portas RJ45 nas quais se podem conectar câmaras IP e visualizar as imagens através da internet.

Uma vez que nas Estações de Rádio Base o fluxo de pessoas é muito reduzido e no caso daquelas que se encontram distantes das cidades devido a dificuldade de acesso ficam muito tempo sem a presença de um funcionário ou colaborador, surge a necessidade de vigiar somente quando alguém lá estiver, otimizando assim o sistema de vigilância.

Por estas razões, o dispositivo projectado tem como finalidade notificar a presença de um intruso ou de um funcionário na Estação de Rádio Base de maneira a ser verificada a câmara IP respectiva. Para tal surge a necessidade de:

- Distinguir o funcionário do intruso;
- Comunicar, ou notificar a central sobre a presença de um indivíduo na estação.

O processo de distinção do funcionário e o intruso está na teoria de controle de acesso, ou seja, quem tem direito de aceder a um determinado lugar não é intruso.

Controle de acesso consiste na prática de permitir ou não permitir que pessoas transitem em ambientes como prédios e condomínios, podendo este controle ser feito por meio de chaves, fechaduras ou ainda, artificios mais digitais, tais como cartões de acesso e leitores de digitais.

No sistema de controle de acesso, deve-se entender que, basicamente, a estrutura desse serviço se divide em três partes: autenticação, autorização e auditoria.

O processo de autenticação, faz referência à identificação do indivíduo. Assim, ele deve informar o sistema quem ele é. Para isso, se utilizam ferramentas como a senha, sistemas biométricos, digitais, cartões de acesso, entre outros.

Após essa fase se dá início ao processo de autorização. A autorização ocorre de forma bastante rápida: detectando quem pode e quem não pode entrar em determinada edificação e o que essa pessoa pode fazer lá.

Por fim, vem o processo de auditoria, que em linhas simples, pode ser explicado como o monitoramento e o acompanhamento do que a pessoa fez em determinada edificação.

Assim, com este dispositivo se consegue:

- Redução de actos de vandalização das Estações Rádio Base;
- Economia no número de vigilantes humanos e equipamento electrónico para o efeito;

REFERÊNCIAS

- [1]-Bernal, P. S. M. Comunicações Móveis: Tecnologias e Aplicações. 1ª. Ed. São Paulo: Érica, 2010.
- [2]-Campos, D. A. L. Sistema de Alarme de Intrusão utilizando o SMS. Brasília: Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicada, UniCEUB, 2010.
- [3]-Carvalho, Mauricio Feo Pereira Rivello de. Automação e controle residencial via internet utilizando arduino. Disponível em: <<http://portal>>.
- [4]-GSM World. GSM. 2015. Disponível em: <<http://www.gsm.org/technology/-gsm/index.htm>>.
- [5]-Martins, N. A. Sistemas Microcontrolados: Uma Abordagem com o Microcontrolador PIC 16F84. São Paulo: Novatec, 2005. Disponível em: <http://www.livrariacultura.com.br/imagem/capitulo/3173664.pdf>>. Acesso em: 20/03/2015.
- [6]-Pereira, F. Microcontroladores PIC: Programação em C. 7ª. Ed. São Paulo: Érica, 2007.

ARTIGO REF: 6857

SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO DE PRÓXIMA GERAÇÃO PARA SEGURANÇA PÚBLICA

Bruno Sousa^{1(*)}, Hugo Marques², Luís Cordeiro¹, Edmundo Monteiro³, Jonathan Rodriguez², Paulo Simoes³

¹OneSource, Consultoria Informática Lda. Coimbra, Portugal

²Instituto de Telecomunicações. Aveiro, Portugal

³CISUC-DEI, Universidade de Coimbra, Portugal

(*)*Email*: bmsousa@onesource.pt

RESUMO

O crescente número de eventos que afetam a segurança pública (SP) numa escala alargada (e frequentemente transfronteiriça) coloca uma pressão acrescida nas entidades responsáveis pela SP: entre 1970 e 2012 registou-se uma quadruplicação do número de catástrofes naturais e uma triplicação do número de desastres com causas humanas [Swiss Re 2013].

De modo a responder a estes eventos, as diversas entidades de SP (forças policiais, bombeiros, equipas médicas, proteção civil, etc.) necessitam de cooperar, alinhar procedimentos e atividades e partilhar informação de forma eficaz e interoperável. A geração atual de plataformas de telecomunicações para SP, baseadas em normas legadas como o TETRA e o TETRAPOL, estão limitadas a aplicações de voz e de dados com débitos reduzidos. Estas limitações chocam com os requisitos que atualmente se colocam a cenários de SP: contextos mais dinâmicos e flexíveis de comunicações em grupo, roaming seguro, suporte de vídeo, suporte de aplicações de banda larga capazes de proporcionar maior perceção da situação, interoperabilidade (tecnologias, organizações, países), maior segurança, e maior resiliência a falhas acidentais ou por sabotagem intencional [Tsagkaropoulos 2012]. Para ultrapassar estas limitações, nos últimos anos foi feito um esforço considerável de investigação e desenho de uma nova geração de plataformas de telecomunicações para SP que possa atender a estes requisitos específicos. Em geral estas plataformas são baseadas na adoção de tecnologias 4G (tais como LTE, cujas especificações técnicas foram adaptadas nos últimos anos de modo a suportar os requisitos técnicos de comunicações de emergência) enquadradas em plataformas e aplicações especificamente desenhadas para contextos de SP (por exemplo ao nível de segurança e funcionalidades de gestão). A interoperabilidade com os sistemas legados atualmente em uso necessita também de ser contemplada, de modo a assegurar uma transição suave entre os sistemas legados e os sistemas de nova geração.

Nesta comunicação iremos apresentar a plataforma SALUS, um protótipo de uma infraestrutura de telecomunicações de nova geração para SP desenvolvido no âmbito de um projeto Europeu de investigação envolvendo diversos parceiros industriais, entidades académicas e entidades de SP. Este protótipo assegura consideráveis níveis de segurança, Qualidade de Serviço, funcionalidade, disponibilidade, capacidade e interoperabilidade para aplicações de voz e de dados - além da interoperação com plataformas legadas baseadas em tecnologias como o TETRA e o TETRAPOL [Marques et al., 2015].

A Figura 1 apresenta a arquitetura geral da plataforma SALUS, evidenciando a panóplia de aplicações, cenários de uso e tecnologias contemplados. A plataforma-base assenta sobre LTE, com eventuais extensões baseadas em Wi-Fi (IEEE 802.11) para comunicações locais no teatro de operações (quer para possibilitar maior capacidade na comunicação entre nós locais quer para reforçar ou estender a rede LTE em situações de cobertura deficiente).

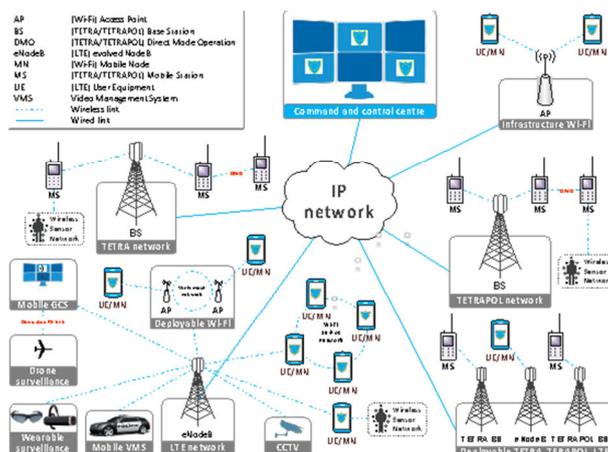


Fig. 1 - Arquitetura Geral da Plataforma SALUS.

Uma vez que os sistemas legados e de nova geração irão coexistir por largos anos [Reinert et al. 2015], a plataforma SALUS inclui também um *gateway* de interoperação que permite interligar equipas com sistemas legados (e.g. TETRA, TETRAPOL) no teatro de operações.

Sobre a plataforma-base de comunicações foi definida uma arquitetura de software e um conjunto de aplicações que dão pleno suporte a cenários de SP: gestão de comunicações de grupo, mecanismos específicos para partilha de dados, ferramentas de segurança (deteção de intrusão, deteção de interferência, análise forense) e uma panóplia de aplicações integradas para o Centro de Comando e Controlo (CCC) capazes de oferecer uma perceção de situação substancialmente melhor para o posto de comando (no CCC) e para as equipas no teatro de operações. Nesta comunicação iremos descrever estas aplicações e apresentar os resultados do evento final de validação da plataforma SALUS (Figura 2).

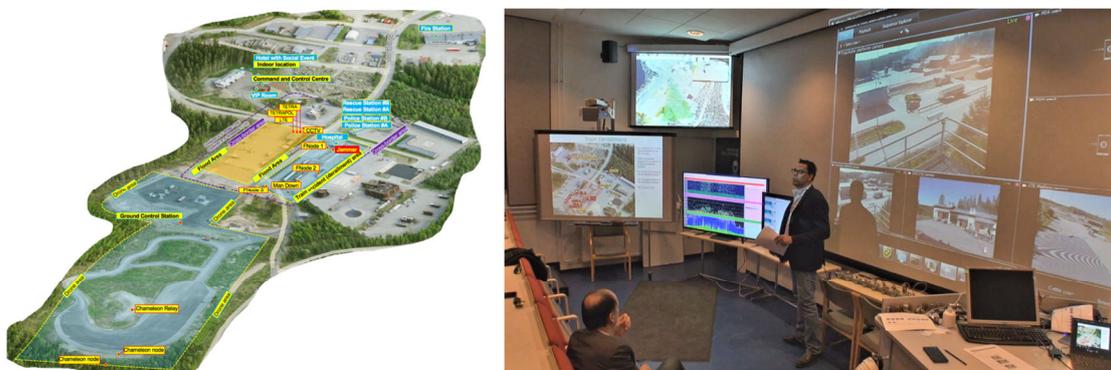


Fig. 2 - Mapa e Centro de Comando e Controlo do Evento Final de Validação do Projeto SALUS

REFERÊNCIAS

- [1]-Marques, H., Sousa B. & Simoes, P. *et al.*, Next-Generation Communication Systems for PPDR: the SALUS Perspective. in *Wireless Public Safety Networks 1 - Overview and Challenges*, Wiley, pp. 49-94 (2015).
- [2]-Reinert, F. et al., SALUS Deliverable D4.3 Business Analysis - Intermediate (2015).
- [3]-Swiss Re, Natural Catastrophes and Man-Made disasters in 2012: A year of extreme weather events in the US,” Technical Report (2013).
- [4]-Tsagkaropoulos, M. *et al.*, Deliverable D5.2 - Preliminary report on technical validation of future PPDRs technologies and architectures, PPDR-TC Project (2014).

ARTIGO REF: 6911

SYNTHESIS, DOPING AND CHARACTERIZATION OF CaTiO₃: Er/Yb BY SOLID-STATE REACTION

Cléber Cândido da Silva^{1(*)}, Manuel Pedro Fernandes Graça¹, Ana Regina Queiroz Silva²

¹Universidade de Aveiro, Depart. Física (I3N) - Aveiro, Portugal

²Universidade Federal do Maranhão - Imperatriz - Brasil

(*) *Email*: ccsilva@ua.pt

ABSTRACT

Perovskites of general formula MTiO₃ (M = Ca or Sr) have attracted considerable attention as an important class of mixed oxides and as potential candidates for optoelectronic devices due to many applications related to their physical properties (Marí, B. et al. 2013). Particularly, calcium titanate ceramics are good candidates for use as dielectric resonators in the wireless communication system due to their high dielectric constant, high quality factor and low insertion loss (Mazzo, T.M. et al, 2010). The main goal of this work is to synthesize and to characterize a perovskite ceramic-based CaTiO₃ (CTO) co-doped with the rare earths elements Er and Yb. The starting materials used in this sense to synthesize CTO were Ca(OH)₂ and TiO₂, while the ones used for the doping were Er₂O₃ and Yb₂O₃. Such oxides were thoroughly mixed by mechanical milling in a high-energy ball mill and afterwards submitted to a common solid-state reaction.

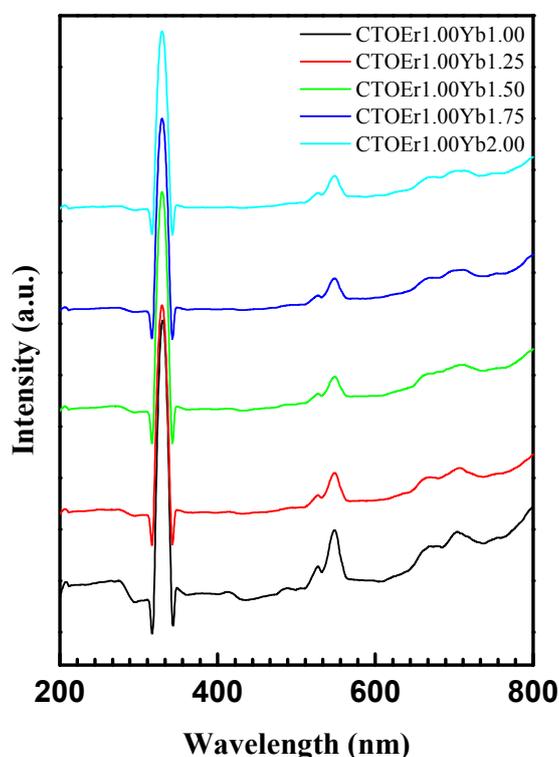


Fig. 1 - Luminescence spectra co-doped CaTiO₃

The powders were characterized by X-ray diffraction, Raman scattering and photoluminescence spectroscopy. The unit cell parameters presented by pure CaTiO₃ were $a = 5.378 \text{ \AA}$, $b = 5.441 \text{ \AA}$ and $c = 7.640 \text{ \AA}$ and $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$, and the diffraction pattern was assigned to the space group $Pbnm$ (#62 or D_{2h}^{16}), with four formulas per unit cell ($Z=4$). The factor group analysis in orthorhombic CaTiO₃ permitted to foresee 24 Raman modes, besides to 25 infrared modes and 8 silent ones. The luminescence spectra of CTO co-doped samples showed typical bands of green and red light, which correspond to the transitions $^4H_{11/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$ and $^4F_{9/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$ (figure 1). Finally, the results obtained for the ceramic systems were satisfactory regarding the synthesis method (solid-state reaction), since it presents low cost as compared with another common processes in the literature.

REFERENCES

- [1]-Marí, B.; Singh, K.C.; Cembrero-Coca, P.; Singh, I.; Singh, D.; Chand, S., Red emitting MTiO₃ (M = Ca or Sr) phosphors doped with Eu³⁺ or Pr³⁺ with some cations as co-dopants, *Displays*, 34 (2013) 346-351.
- [2]-Mazzo, T.M.; Moreira, M. L.; Pinatti, I.M.; Picon, F.C.; Leite, E.R.; Rosa, I.L.V.; Varela, J.A.; Perazolli, L.A.; Longo, E., CaTiO₃: Eu³⁺ obtained by microwave assisted hydrothermal method: A photoluminescent approach, *Optical Materials*, 32 (2010) 990-997.

ARTIGO REF: 6968

UMA REVISÃO DA LITERATURA SOBRE FATORES HUMANOS E ORGANIZACIONAIS DE MAIOR INFLUÊNCIA NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE *SOFTWARE*

Vitor Bastos Ribeiro^(*), Renata Gomes Cordeiro, Munir de Sá Mussa, Aline Pires Vieira de Vasconcelos, Henrique Rego Monteiro da Hora

Instituto Federal Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil

^(*)*Email:* vbastosr@gmail.com

RESUMO

Considerando que os sistemas de software estão presentes em diversas áreas e o mercado de desenvolvimento encontra-se em expansão, torna-se fundamental a definição de um processo para o desenvolvimento desses sistemas. Além de fatores práticos relacionados ao projeto como custo e cronograma é importante identificar fatores, humanos e organizacionais, externos ao processo, mas que possuem influência sobre o mesmo. O presente trabalho busca identificar esses fatores através de uma revisão sistemática da literatura. Entre alguns fatores identificados e caracterizados estão motivação profissional e modelagem organizacional. Através da pesquisa é possível embasar a atenção que deve ser despendida também para fatores humanos e organizacionais, mas que influenciam diretamente no sucesso dos projetos de software.

INTRODUÇÃO

Os sistemas de *software* estão presentes em diversas áreas: educação, saúde, economia. Em negócios de diversas proporções: desde grandes companhias que requerem sistemas confiáveis para armazenar informações sigilosas, até pequenos negócios que podem requerer apenas um controle de estoque. Nesse sentido, a área de desenvolvimento de *software* está em constante expansão, sendo de extrema importância a definição de processos de desenvolvimento de *software* com intuito de produzir sistemas de qualidade e que satisfaçam às necessidades do cliente. Em um processo, mesmo bem definido existem fatores que influenciam em seu andamento e podem ser alvo para projetos de melhoria contínua (VILLELA *et al.*, 2002).

De acordo com Pressman e Maxim (2016) o *software* é criado da mesma forma que outros produtos bem-sucedidos, através da aplicação de um processo adaptável e ágil com o intuito de conduzir a um resultado de alta qualidade e atendendo às necessidades dos usuários.

O objetivo do presente trabalho é identificar, através de uma revisão bibliográfica, fatores que influenciam no processo de desenvolvimento de *software*. Nesta revisão entre os artigos analisados foram identificados fatores relacionados à comunicação, motivação da equipe, conhecimento do domínio e alinhamento estratégico.

O presente de trabalho se justifica pelo levantamento bibliográfico realizado através do qual foi possível reunir fatores humanos e organizacionais influenciadores do processo de desenvolvimento de *software*. De acordo com Freitas e Belchior (2006) é possível encontrar na literatura o que é importante no processo de desenvolvimento. Porém essas abordagens tendem a tratar de pontos como cronograma, prazo, retrabalho como os fatores mais críticos

para o problema. É necessário que se tenha também uma visão dos fatores externos que influenciam diretamente o processo de desenvolvimento e conseqüentemente a satisfação do cliente.

Após uma introdução sobre o tema, este trabalho está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta o referencial teórico, trazendo uma base teórica sobre o processo de desenvolvimento de *software*; a Seção 3 apresenta a metodologia utilizada para selecionar os artigos utilizados; a Seção 4 apresenta os fatores organizacionais e humanos de maior influência no processo de desenvolvimento de *software*, de acordo com a pesquisa realizada; por fim, na Seção 5 são apresentadas as considerações finais.

REFERENCIAL TEÓRICO

Para identificar os fatores que influenciam o processo de desenvolvimento de *software*, primeiramente devemos entender seus princípios. De acordo com Pressman e Maxim (2016) um processo é um conjunto de atividades, ações e tarefas realizadas na criação de algum produto de trabalho. Leite (2000) em seu trabalho afirma que um processo pode ser visto como a implementação de um método, que segundo ele é uma estrutura de ações para se atingir um determinado objetivo ou meta.

Elaborar um processo de desenvolvimento de *software* significa então determinar detalhadamente quem faz o quê, quando e como (LEITE, 2000), visando alcançar os objetivos da engenharia de *software* de englobar processos, métodos e ferramentas de modo a construir sistemas com qualidade e dentro do prazo (PRESSMAN; MAXIM, 2016), acompanhando a evolução tecnológica e da demanda dos clientes por sistemas cada vez mais complexos.

Para Pressman e Maxim (2016) no contexto de engenharia de *software*, o processo de *software* não deve ser uma prescrição rígida de como desenvolver um *software*, mas sim uma prescrição adaptável, que possibilite a equipe realizar o trabalho de selecionar e escolher apropriadamente as ações e as tarefas a serem feitas; e de uma forma genérica devem conter uma metodologia com atividades estruturais aplicáveis a todos os projetos de *software* sendo elas:

- *Comunicação*: é de vital importância que as partes estejam alinhadas de modo a facilitar a compreensão dos objetivos pelas partes interessadas e levantar as necessidades que ajudarão a definir as funções e as características do sistema;
- *Planejamento*: descreve todas as tarefas técnicas a serem realizadas, juntamente com seu cronograma; identificando os riscos prováveis do projeto de forma a mitigá-los, os recursos necessários para o desenvolvimento do projeto e os produtos que se espera que sejam produzidos com resultado do trabalho.
- *Modelagem*: etapa de criação de um esboço, pode-se refinar com mais detalhes afim de entender melhor o problema a ser resolvido, as necessidades do *software* e o projeto que irá atender essas necessidades.
- *Construção*: ou desenvolvimento, que é a etapa de geração do código do *software*, combinada a geração de testes necessários para detectar possíveis erros na codificação.
- *Emprego*: *software* é entregue ao cliente para que o produto seja avaliado e que o mesmo forneça um *feedback* baseado na avaliação;

METODOLOGIA

Nesta seção será apresentada a classificação da pesquisa realizada neste trabalho, bem como a descrição dos procedimentos realizados para a execução da pesquisa bibliográfica e a forma de identificação dos fatores abordados no presente trabalho.

Classificação da pesquisa

Do ponto de vista de sua natureza, este trabalho é uma pesquisa aplicada uma vez que de acordo com Silva e Menezes (2005) pesquisas deste tipo “objetivam gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigidos à solução de problemas específicos”.

Quanto a forma de abordagem pode ser classificada como qualitativa, uma vez que é descritiva e não requer uso de métodos e técnicas estatísticas (SILVA; MENEZES, 2005).

Em relação aos objetivos, a pesquisa desenvolvida, classifica-se como explicativa. Uma vez que busca identificar fatores que influenciam no processo de desenvolvimento de *software* (GIL, 2008).

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos realizados, é classificado como um bibliográfico por ser elaborada a partir de material já publicado (SILVA; MENEZES, 2005).

Análise bibliométrica

A análise bibliométrica realizada foi elaborada baseada no modelo webibliomining proposto por Costa (2010), suas etapas e aplicação estão descritas abaixo.

- *Definição da amostra da pesquisa*

A amostra pesquisada corresponde aos artigos indexados a duas Bases de Dados, uma base de acesso livre (SciELO) e uma base de dados de acesso restrito, (*Scopus*), com acesso através do Portal de Periódicos Capes em Outubro de 2016. A escolha destas Bases de Dados deve - se a representatividade e abrangência de ambas, pois constam com periódicos de todas as áreas de conhecimento. Quanto ao recorte temporal, a pesquisa foi realizada em 20/10/2016, contemplando todos os anos disponíveis na base.

- *Pesquisa na amostra*

Scopus

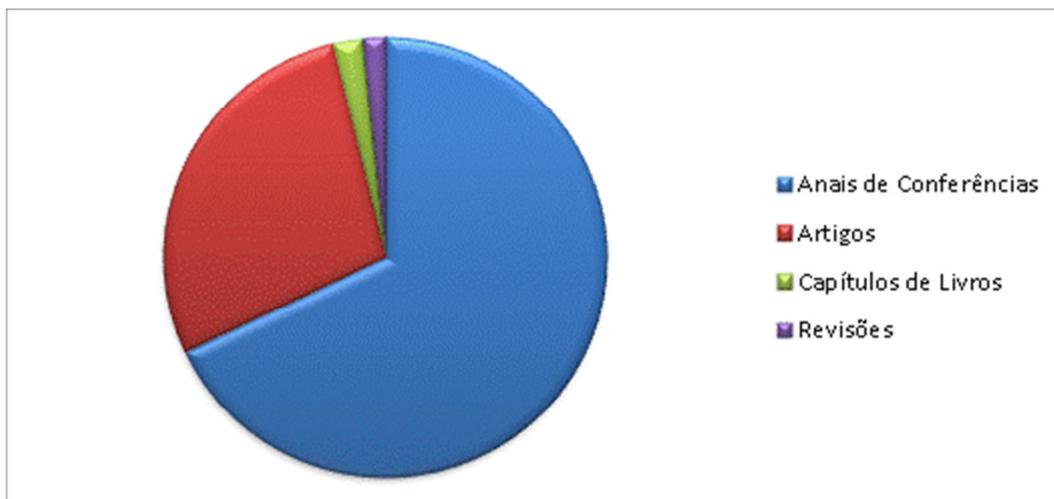
A pesquisa foi efetuada utilizando os termos "*process*" & "*software development*" pesquisados apenas nos títulos dos documentos e limitados a anais de conferências, artigos, capítulos de livros e revisões. A pesquisa retornou 1.266 registros, cuja distribuição por tipo de publicação é apresentada na Tabela 1 e Gráfico 1.

Tabela 1 - Registros por tipo de Publicação na base Scopus.

Tipo de Publicação	Quantidade de registros
Anais de Conferência	860
Artigos	358
Capítulos de Livros	27
Revisões	21

Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 1 - Registos por tipo de Publicação na base Scopus.



Fonte: Elaboração própria.

SciELO

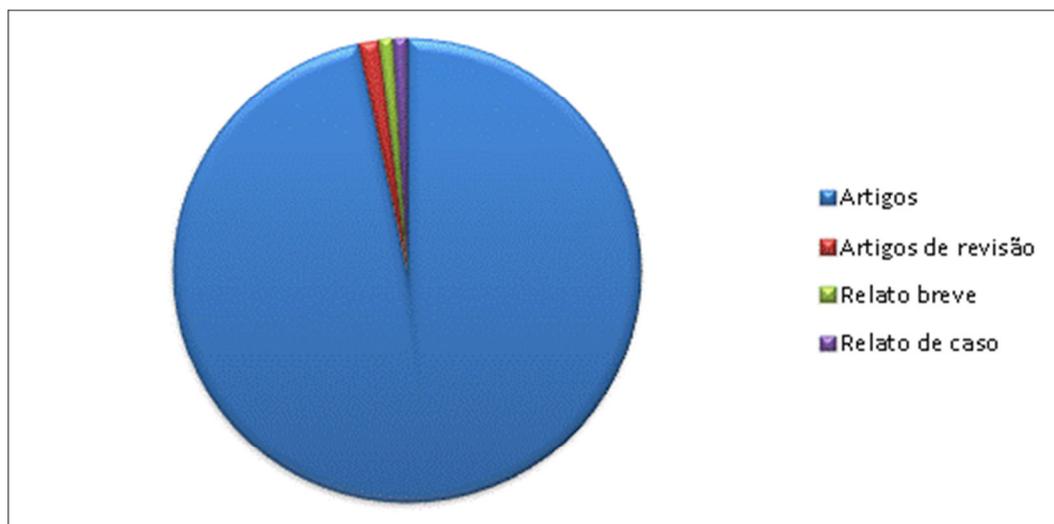
A pesquisa realizada na base de dados SciELO utilizou os mesmos termos que a anterior, abrangendo todos os índices da base (Título, Periódico, Resumo, etc.). A pesquisa retornou 429 registros, cuja distribuição por tipo de publicação, selecionadas as mais relevantes, é apresentada na Tabela 2 e Gráfico 2.

Tabela 2 - Registos por tipo de Publicação na base SciELO.

Tipo de Publicação	Número de Publicações
Artigos	411
Artigos de revisão	6
Relato breve	4
Relato de caso	4

Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 2 - Registos por tipo de Publicação na base SciELO.



Fonte: Elaboração própria.

▪ *Identificação dos periódicos com maior número de artigos publicados*

Foram encontrados 91 periódicos indexados a base de dados Scopus com pelo menos um trabalho publicado sobre o tema. A identificação dos principais periódicos foi feita em função dos periódicos com maior número de artigos sobre processo de desenvolvimento de *software*. Foram considerados como os principais periódicos os que apresentavam no mínimo 10 artigos sobre o tema. Os principais periódicos identificados podem ser vistos na Tabela 3.

Tabela 3 - Principais periódicos da base Scopus.

Revistas	Número de publicações
<i>Lecture Notes In Computer Science Including Subseries Lecture Notes In Artificial Intelligence And Lecture Notes In Bioinformatics</i>	96
<i>Communications In Computer And Information Science</i>	26
<i>Proceedings International Conference On Software Engineering</i>	25
<i>Journal Of Systems And Software</i>	19
<i>Information And Software Technology</i>	15
<i>Lecture Notes In Business Information Processing</i>	13
<i>Advanced Materials Research</i>	12
<i>Software Process Improvement And Practice</i>	10
<i>VDI Berichte</i>	10

Fonte: Elaboração própria.

Na base de dados SciELO foram encontradas 186 periódicos com pelo menos um trabalho relacionado com o tema. Assim como para a base de dados Scopus, os periódicos identificados como mais importantes foram os que apresentaram no mínimo 10 registros de trabalhos. Os principais periódicos encontrados na SciELO são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Principais periódicos da base SciELO.

Periódicos	Número de Publicações
<i>Revista Cubana de Ciencias Informáticas</i>	30
<i>Información Tecnológica</i>	17
<i>DYNA</i>	12
<i>CLEI Eletronic Journal</i>	11
<i>JISTEM - Journal of Information Systems and Technology Management</i>	10
<i>Revista EIA</i>	10

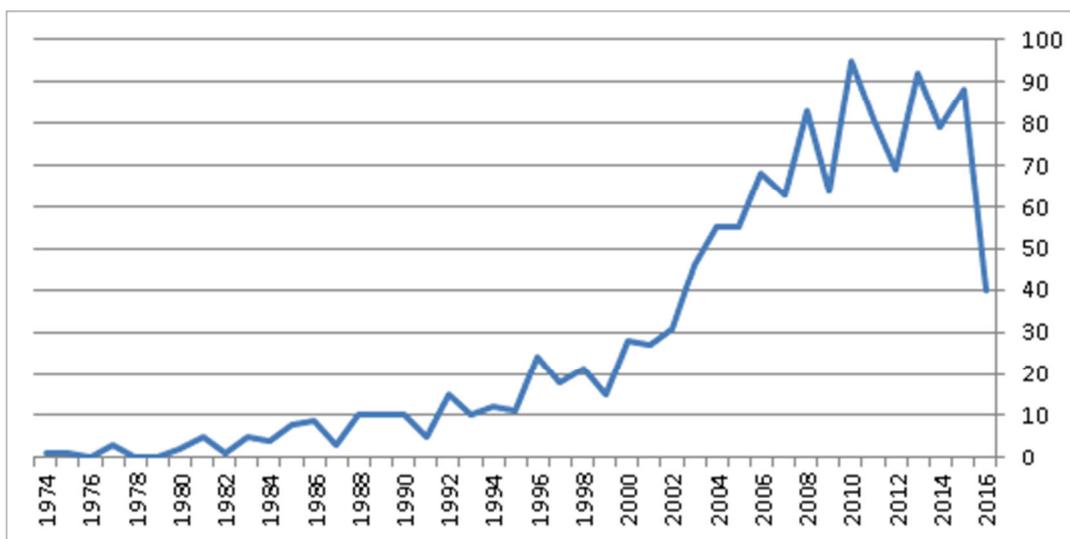
Fonte: Elaboração própria

▪ *Levantamento da cronologia da produção*

O Gráfico 3 e Gráfico 4 apresentam a evolução da produção científica referente ao tema pesquisado nas bases Scopus e SciELO respectivamente, em escala cronológica.

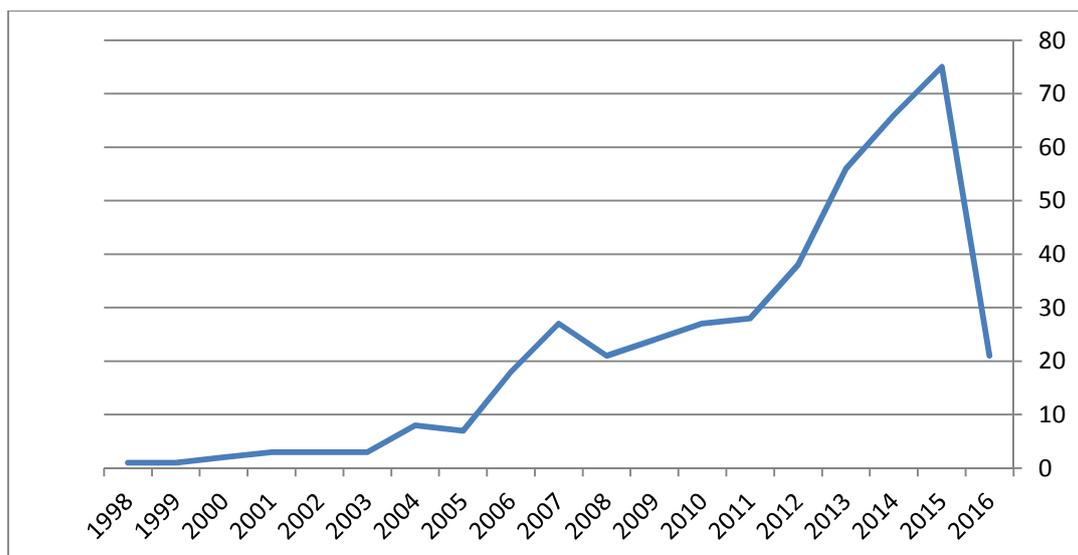
Analisando os dados apresentados, observa-se que nas duas bases de dados houve um crescimento acentuado no número de trabalhos publicados a partir dos anos 2000. O crescimento no número de trabalhos nos anos 2000, chega em seu ápice nas duas bases a partir de 2010, com a base Scopus tendo o maior número de trabalhos em 2010 e a base SciELO em 2015.

Gráfico 3 - Publicações ao longo dos anos na base Scopus.



Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 4 - Publicações ao longo dos anos na base SciELO.



Fonte: Elaboração própria.

▪ *Seleção dos artigos*

Para refinar a pesquisa, primeiramente foram analisados os títulos e resumos dos artigos encontrados. Após esta primeira análise foram selecionados artigos que foram considerados de maior correlação com o tema abordado neste trabalho e que possuíam o maior número de citações. Estes artigos estão citados na seção seguinte com o respectivo fator organizacional ou humano identificado com influência no desenvolvimento de *software*.

FATORES HUMANOS E ORGANIZACIONAIS DE MAIOR INFLUÊNCIA NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE *SOFTWARE*

A seguir são apresentados fatores organizacionais e humanos identificados através da pesquisa realizada que, segundo os autores, configuram características presentes nas organizações com grande influência no processo de desenvolvimento de *software*.

Fatores humanos

a. Comunicação

Considerando que pessoas estão presentes em todas as etapas do desenvolvimento de *software* este se torna um fator de grande influência no processo. A comunicação é primordial entre o usuário e o desenvolvedor, ou seja, aqueles que utilizarão o *software* e os responsáveis pela implementação das funcionalidades. Pressman e Maxim (2016) afirmam que a comunicação é um fator de vital importância no processo de desenvolvimento de *software* e consideram imprescindível que estejam alinhadas com todas as partes interessadas.

Diante disso, este primeiro fator destacado, foi selecionado devido a citação de Pressman e Maxim (2016) e foram encontrados trabalhos que embasam tal afirmação, como os reproduzidos na sequência.

No trabalho de Lana e Moraes (2009), os autores investigam a influência da comunicação no processo de desenvolvimento de *software* e sua implicação na satisfação do usuário, iniciando o trabalho com a constatação de que através da comunicação entre usuários, cliente e desenvolvedores é realizado o levantamento das necessidades do *software*. Da mesma forma, uma falha ou ruído na comunicação pode comprometer todo o processo de desenvolvimento de *software*.

Os autores concluíram que a comunicação afeta significativamente no processo de desenvolvimento de *software*, como falhas de comunicação que geram retrabalho. Além disso concluíram que a satisfação está diretamente relacionada à comunicação, e as falhas ocorridas durante o desenvolvimento de *software* acarretaram problemas no produto final o que afeta diretamente a satisfação do cliente. “Quanto maior for a qualidade e fluência da comunicação entre os envolvidos no processo de desenvolvimento de *software* maior é a tendência de satisfação em relação ao sistema e menores serão os índices de retrabalho e adaptações.” Através dos resultados foi possível concluir que o principal problema na comunicação no processo de desenvolvimento foi entre os clientes e os desenvolvedores pois foram detectadas dificuldades no entendimento das necessidades que o sistema deveria atender. Um fato importante diagnosticado foi que, os desenvolvedores consideraram a comunicação externa, ou seja, com o cliente, acessível. Porém pontuaram que suas maiores dificuldades de comunicação estão dentro da própria empresa pelas barreiras de comunicação existentes entre os setores (LANA; MORAES, 2009).

Costa *et al.* (2010) afirmam que na maioria dos projetos existe uma falta de comunicação na equipe e entre a equipe e os usuários do *software*, acarretando falhas na definição dos objetivos do *software* em desenvolvimento.

Niazi *et al.* (2016) relatam que diferentes estudos têm descrito a falta de comunicação em projetos de desenvolvimento de *software* globalizados como fator determinante. As competências de comunicação têm um impacto direto nos resultados dos projetos podendo causar fracassos devido à falta de comunicação adequada. A comunicação é geralmente de dois tipos, isto é, síncrona e assíncrona. Por comunicação síncrona, queremos dizer reuniões face-a-face e discussão com os membros da equipe e o cliente em tempo real, sem qualquer atraso na resposta. A falta de reuniões face a face pode causar outros desafios de gerenciamento de projetos, como uma má compreensão dos requisitos e falta de conscientização da equipe. Assim, concluem que o desenvolvimento de *software* globalizado depende de outros canais de comunicação síncronos e assíncronos, tais como e-mail, correio de voz, mensagens instantâneas, teleconferência e conferência na Web para promover a comunicação.

Os resultados e afirmações destacadas nesses trabalhos corroboram para destacar a importância da comunicação no processo de desenvolvimento de *software* e enfatizam a necessidade de ter uma maior atenção com este aspecto. No entanto Pressman e Maxim (2016) enfatizam que o desenvolvimento de *software* é algo dinâmico e um mito existente é que ao deparar-se com um atraso de cronograma o acréscimo de programadores resolve o problema. Acrescentar pessoas num projeto atrasado pode torna-lo ainda mais atrasado, pois quando novas pessoas entram será necessário que as pessoas que já estão no projeto terão que dedicar-se também aos novos profissionais, reduzindo o tempo destinado ao desenvolvimento do projeto. A adição de pessoas deve ser realizada de forma planejada e coordenada.

b. Motivação dos profissionais

Ter um processo, metodologias e ferramentas bem definidos são importantes mas não a garantia para o sucesso de um projeto, pois todas as atividades, em geral, são realizadas por pessoas. Sendo assim uma equipe motivada, capacitada e com habilidades bem exploradas é também um fator de grande influência no processo de desenvolvimento de *software* (FREITAS; BELCHIOR, 2006).

Através do trabalho de Freitas e Belchior (2006) foi possível identificar aspectos que impactam na motivação de profissionais envolvidos no processo de *software*. Considerando que para obter um bom desempenho é preciso que o empregado esteja motivado, porém uma pessoa altamente motivada pode não ter um bom desempenho. Sendo assim, destacam-se grupos de aspectos que influenciam no relacionamento entre a motivação e o desempenho no trabalho:

- Ambiente de trabalho: existem algumas necessidades básicas que devem ser atendidas
- Gerenciamento de Pessoas: foca em aspectos relacionados com a habilidade humana na gestão de projetos
- Trabalho em Equipe: aspectos relacionados à criação e manutenção da equipe
- Sistema de recompensas e punições: premiar trabalhadores por terem comportamentos desejáveis
- Desenvolvimento de carreira: preocupação dos profissionais de obter cada vez mais conhecimentos e poder alcançar postos mais elevados.
- O significado do trabalho: quanto mais o profissional se identifica com as atividades que executa mais motivado estará
- Organização e Profissional: aspectos envolvidos com a relação entre valores organizacionais e pessoais.

Em seu trabalho Freitas e Belchior (2006) realizaram uma pesquisa com profissionais da área de desenvolvimento de *software* e constatou que aspectos considerados mais importantes são os relacionados ao Desenvolvimento da Carreira, porém sendo considerado um dos menos valorizados nas organizações de acordo com os entrevistados. Já o fator ambiente de trabalho foi visto como valorizado dentro das organizações, porém de pouca importância na visão dos trabalhadores. Enquanto o grupo Gerenciando Pessoas foi considerado com uma importância relativa tanto pelos entrevistados quanto pelas organizações.

Reforçando a ideia de que o relacionamento entre empresa e profissionais de TI ainda carece de atenção, Moreno Jr *et al.* (2009) afirmam que o alinhamento entre necessidades organizacionais e necessidades individuais dos profissionais de TI constituiria também em um importante fator motivacional para esses indivíduos.

No trabalho de Moreno Jr *et al.* (2009) foi revelada uma possível fragilidade no vínculo das empresas de TI com profissionais de TI, apontando para a inadequação do modelo de gestão

de pessoas adotado às necessidades do negócio da organização. Exigindo que o gerenciamento de profissionais de TI tenha um acompanhamento constante das expectativas, anseios, limitações, atitudes e comportamentos desses indivíduos. Assim, os autores concluem que a qualidade dos serviços prestados pode ser afetada na medida em que o nível dos profissionais e, conseqüentemente, seu desempenho possam se deteriorar devido à falta de motivação.

Complementando com esta análise, Khan e Keung (2016) enfatizam que o envolvimento de pessoal é um dos fatores que mais influenciam no sucesso de um processo de desenvolvimento de software. A pesquisa dos autores destaca processos de desenvolvimento do mundo todo e ressalta que a colaboração, o envolvimento e a troca de informações entre a equipe são primordiais para o sucesso do projeto.

Fatores organizacionais

c. Conhecimento de domínio

O *software* está presente em diversas áreas, e é utilizado como uma ferramenta que auxilia o trabalho das organizações que o utilizam. Sendo assim, existem casos em que o *software* auxilia em trabalhos extremamente relacionado ao domínio da organização. Por exemplo, na medicina, existem *software* hospitalares que realizam o monitoramento do estado de saúde dos pacientes, sendo fundamental que os responsáveis pela implementação do *software* adquiram algum conhecimento da área médica. Este conhecimento do domínio do *software* é fundamental para o sucesso do projeto (VILLELA et al., 2002).

Villela *et al.* (2002) apontam que falta de conhecimento sobre domínio e sobre a organização é um problema crucial para o desenvolvimento de *software*, sobretudo, em organizações com alta rotatividade de pessoal. Os autores apresentam como motivação para as ideias propostas, a experiência envolvendo a definição, uso e melhoria de processos de *software* no domínio de cardiologia. Dificuldades com alta rotatividade de pessoal, equipes geograficamente distribuídas e falta de conhecimento do domínio por parte das equipes de *software* não são problemas técnicos, mas podem determinar o sucesso ou fracasso de um projeto. Especialistas do domínio (i.e. cardiologistas) viam o processo de aquisição de conhecimento e levantamento de requisitos como repetitivo e exaustivo, pois precisavam explicar conceitos básicos de assistência médica e de cardiologia para os desenvolvedores. Como solução os autores propuseram dois novos ambientes de desenvolvimento com duas novas atividades: a atividade de aprendizado sobre a organização e; a atividade de registro de lições aprendidas. O estudo teve como conclusão que não basta definir um processo de *software* e utilizá-lo. É necessário que o processo seja adequado ao produto de *software* e a cultura organizacional.

Santos *et al.* (2005) em seu trabalho afirmam que a atividade de desenvolvimento requer o conhecimento tanto na área de computação, da aplicação que está sendo desenvolvida quanto do domínio para o qual a aplicação está sendo desenvolvida. Os autores analisam a importância dada pelos desenvolvedores de *software* para diferentes tipos de conhecimento. Eles concluem que através da pesquisa que o conhecimento sobre o domínio da aplicação é visto como um dos mais importantes pelos desenvolvedores de *software*, sendo este conhecimento acompanhado do conhecimento sobre boas práticas utilizadas na empresa durante o processo de desenvolvimento de *software* visto como fatores de grande importância.

Portanto, uma formação e um conhecimento da área de atuação para todos os grupos de especialistas é crucial para o sucesso dos projetos. O treinamento em equipe ajuda os profissionais que tiveram uma exposição limitada aos conceitos e experiência. Assim como é

importante e obrigatório que os membros da equipe que participam do processo de desenvolvimento de software devem receber treinamento adequado, conhecimentos e habilidades necessárias (KHAN; KEUNG, 2016).

d. Alinhamento e modelagem organizacional

Partindo do princípio que os requisitos organizacionais não devem ser considerados como uma simples descrição da funcionalidade do sistema, pois tratam do domínio no qual o sistema está inserido e das restrições que podem existir no ambiente, diminuindo ambiguidades e incertezas, a modelagem organizacional facilita a compreensão do ambiente empresarial e é reconhecida como uma atividade valiosa pela engenharia de requisitos. Além disso, os métodos e ferramentas CASE tradicionalmente utilizadas no desenvolvimento de *software* não são designados para captura explícita e representação de forma estruturada do “conhecimento organizacional e do negócio”. Não são mantidas ligações entre modelo organizacional e a especificação do sistema. Assim, não pode ser explicitamente feito o gerenciamento de mudança e de evolução da organização, e nem o mapeamento de mudanças nos requisitos e nos componentes do sistema de informação. Portanto, existe um relacionamento natural e lógico entre o negócio e os requisitos do sistema, sendo assim, o modelo organizacional é parte importante do desenvolvimento de *software*. O modelo permite a especificação dos requisitos, nos quais a determinação explícita dos objetivos, problemas, conceitos, atividades, processos e atores favorece o desenvolvimento de um sistema que, de fato, atenda às necessidades do cliente, além de possibilitar a diminuição de custos de manutenção (PÁDUA; CAZARINI; INAMASU, 2004).

Para André Leme Fleury (2014) a história do *software* é recente assim como contribuições na busca de melhoria do processo de desenvolvimento de *software*. Porém algo pouco explorado é a questão do alinhamento entre objetivos estratégicos e o processo de desenvolvimento nas empresas de *software*. Técnicas da engenharia de *software* têm sido aplicadas sem incorporar considerações de valor nos processos de análise e na tomada de decisões. O autor acrescenta que um correto alinhamento entre diferentes visões do futuro é capaz de identificar lacunas de conhecimento e atividades de desenvolvimento, facilitando a comunicação e a implementação de iniciativas de avaliação e melhoria de processos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a plena expansão da área de desenvolvimento de *software* o presente trabalho buscou reunir os fatores humanos e organizacionais de maior influência no processo de desenvolvimento de *software*. Segundo Fleury (2014) a história do *software* é recente, assim como são recentes as pesquisas sobre o tema, que tem como foco principal o aprimoramento dos seus processos de desenvolvimento.

Foi possível identificar na literatura que existem diversos trabalhos abordando fatores humanos e organizacionais que de alguma forma influenciam no processo de desenvolvimento de *software*, no entanto neste trabalho tais fatores foram reunidos de forma a demonstrar quais deles tem maior relevância. A possibilidade de reunir estes fatores de forma clara e objetiva possibilita a análise de aspectos que devem ser mais explorados com o intuito de auxiliar o processo de desenvolvimento de *software* como um todo.

O Quadro 1 traz de forma resumida os quatro fatores apresentados e uma breve descrição de cada um.

Quadro 1 - Fatores humanos e organizacionais que influenciam no desenvolvimento de *software*.

Fator	Descrição
Comunicação	A comunicação está presente em todas as fases do processo de desenvolvimento de <i>software</i> . Sendo de importância fundamental entre os desenvolvedores e os clientes finais do <i>software</i> em desenvolvimento.
Motivação dos profissionais	Os profissionais envolvidos no desenvolvimento do <i>software</i> são fundamentais no projeto de desenvolvimento, sendo de extrema importância que estes se sintam motivados.
Conhecimento de domínio	Além do conhecimento na área de computação é necessário que os desenvolvedores tenham o conhecimento do domínio ao qual o <i>software</i> se aplica.
Alinhamento e modelagem organizacional	Os sistemas de <i>software</i> desenvolvidos devem estar alinhados e contribuir com o objetivo estratégico da organização.

Fonte: Elaboração própria.

A partir da pesquisa realizada é possível analisar que dois fatores: comunicação e motivação dos profissionais estão relacionados aos fatores humanos, extremamente ligados a aspectos pessoais e comportamentais, de relacionamento entre empresa e funcionários ou somente entre os funcionários. Pressman e Maxim (2016) enfatizam que a comunicação com todos os envolvidos no processo de *software* é de vital importância. Nesse sentido, afirma que comunicar-se e colaborar com o cliente é imprescindível para entender as necessidades, funções e características do *software* a ser desenvolvido.

Quanto aos outros dois fatores: conhecimento do domínio e a modelagem e o alinhamento organizacional, estes podem estar relacionados ao objetivo da utilização do *software* em desenvolvimento. Este deve estar alinhado com os objetivos estratégicos da organização e contribuir para o alcance dos mesmos. Ao mesmo tempo que o conhecimento do domínio do *software* por parte dos desenvolvedores influenciará no sucesso do projeto e, consequentemente, na utilidade do *software* para o cliente.

REFERÊNCIAS

[1]-COSTA, A. P.; LOUREIRO, M. J.; REIS, L. P. Metodologia Híbrida de Desenvolvimento Centrado no Utilizador aplicada ao Software Educativo. RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, n. 6, p. 1-16, dez. 2010.

[2]-COSTA, H. G. Modelo para webibliomining: proposta e caso de aplicação. Revista da FAE, v. 13, n. 1, /jun., p. 115-125, 2010.

[3]-FLEURY, A. L. et al. Aligning strategic objectives and development practices at software companies. Production, v. 24, n. 2, p. 379-391, jun. 2014.

[4]-FREITAS, S. F.; BELCHIOR, A. D. Análise de aspectos motivacionais que podem influenciar atores no processo de software. Workshop Um Olhar Sociotécnico sobre a Engenharia de Software. Anais...2006Disponível em: <<http://www.cos.ufrj.br/woses2006/pdfs/09-Artigo09WOSES-2006.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2016

- [5]-GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2008.
- [6]-KHAN, A. A.; KEUNG, J. Systematic review of success factors and barriers for software process improvement in global software development. IET Software, v. 10, n. 5, p. 125-135, 1 out. 2016.
- [7]-LANA, F. V. D.; MORAES, G. M. DE. A influência da Comunicação no Processo de Desenvolvimento de Software e sua Implicação na Satisfação do Usuário.. In: ENANPAD. São Paulo, SP: 2009Disponível em: <http://cascavel.ufsm.br/tede/tde_arquivos/2/TDE-2008-11-25T134646Z-1754/Publico/FRANCIELLEVENTURINIDALLALANA.pdf>. Acesso em: 13 set. 2016
- [8]-LEITE, J. C. O processo de desenvolvimento de software. Disponível em: <<https://www.dimap.ufrn.br/~jair/ES/c2.html>>. Acesso em: 21 out. 2016.
- [9]-MORENO JR, V.; CAVAZOTTE, F. DE S. C. N.; FARIAS, E. DE. Career and work relations in the information technology service industry: the perspectives of IT professionals and their managers. JISTEM - Journal of Information Systems and Technology Management, v. 6, n. 3, p. 437-462, 2009.
- [10]-NIAZI, M. et al. Challenges of project management in global software development: A client-vendor analysis. Information and Software Technology, v. 80, p. 1-19, dez. 2016.
- [11]-PÁDUA, S. I. D. DE; CAZARINI, E. W.; INAMASU, R. Y. Modelagem Organizacional: captura dos requisitos organizacionais no desenvolvimento de sistemas de informação. Gestão & Produção, v. 11, n. 2, p. 197-209, ago. 2004.
- [12]-PRESSMAN, R. S.; MAXIM, B. R. Engenharia de Software. Edição: 8a ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2016.
- [13]-SANTOS, G. et al. Knowledge management in a software development environment to support software processes deployment. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), v. 3782 LNAI, p. 111-120, 2005.
- [14]-SILVA, E. L. DA; MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. UFSC, Florianópolis, 4a. edição, 2005.
- [15]-VILLELA, K. et al. Melhoria de Processos de Software e Evolução de Ambientes de Desenvolvimento de Software com base no Conhecimento do Domínio e na Cultura Organizacional. Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software. Anais...Gramado, RS: 2002Disponível em: <<http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/sbqs/2002/004.pdf>>. Acesso em: 5 set. 2016

ARTIGO REF: 7013

GESTÃO DOCUMENTAL PARA AS ENGENHARIAS

Fernanda Cabanas^(*), António Teixeira

Pandora Box, Lda. - Maputo, Moçambique

^(*)*Email: fernanda@panbox.co.mz*

RESUMO

A Pandora Box, uma empresa privada moçambicana, vem prestando, há mais de dez anos, serviços de gestão documental, em regime de “outsourcing”, a vários megaprojectos em Moçambique. Este serviço tem-se concentrado na documentação técnica, ou seja, aquela que é produzida pela e para a engenharia, embora muitas vezes a documentação administrativa e especialmente a do sector da qualidade seja também incluída.

A importância da gestão documental num projecto de engenharia

Considerando que a função de um departamento de gestão documental é a recepção, validação, registo, distribuição e arquivo de documentos físicos e digitais, é fácil de ver que esta actividade é fundamental em qualquer obra de engenharia.

Plantas, desenhos, orçamentos e documentos em geral, que vão ser usados numa obra, têm de estar de acordo com o Projecto aprovado (também ele próprio um documento) e com os procedimentos de documentação do Cliente (ou dono da obra). Qualquer construção mal feita implicará despesas adicionais para desfazer e refazer. Por isso tem que existir um fluxo de documentação entre os fornecedores e cliente, e outro entre o cliente e o estaleiro, ou o “site” da obra. Estes fluxos devem ser controlados por uma equipa de Gestão Documental. Normalmente chamada DOC CONTROL (Arquivo Técnico ou Centro de Documentação), esta equipa tem um papel central:

- fazer com que os fornecedores entreguem os documentos que vão permitir a realização do projecto contratado;
- garantir que estes documentos estejam de acordo com as normas e procedimentos do dono da obra e com as normas documentais definidas (formatação e numeração);
- distribuí-los aos engenheiros para a sua aprovação técnica, após o que estarão prontos para serem distribuídos no estaleiro;
- garantir a rastreabilidade e armazenamento seguro dos documentos durante e depois das várias interações entre os engenheiros e os fornecedores.

O correcto desempenho destas funções implica o registo dos documentos num software de Gestão Electrónica de Documentos (GED), que permite visisualizar uma cópia digitalizada do respectivo documento. O GED permite aceder aos documentos de forma regrada, quer dizer, cada utilizador só tem acesso aos documentos disponíveis no sistema em função das permissões de acesso que lhe foram atribuídas.

Para além do processamento dos documentos digitalizados, o DOC CONTROL tem um papel importante no processamento dos documentos em papel usados durante a obra, através do controle de revisões. Na obra é necessário que o trabalho se faça sempre com base na última revisão aprovada de acordo com o fluxo documental acima descrito. Qualquer erro, qualquer

atraso no fornecimento da última revisão pode ter graves consequências técnicas e financeiras para todos os envolvidos no projecto.

O papel do DOC CONTROL prolonga-se pela fase final do projecto, quando são necessários todos os comprovativos que permitem o encerramento do projecto por acordo entre todas as partes. Um importante elemento deste encerramento é a recolha junto dos Fornecedores contratados dos documentos/desenhos/memórias descritivas “Como Construído/As Built” que reflectem o que realmente foi contruído ou fabricado. Muitas intervenções posteriores vão depender de se saber exactamente o que e como foi construído.

Mesmo depois do projecto terminado, a documentação tem de estar disponível para possíveis pleitos legais que surjam no tempo de vida do que foi construído. Finalmente, há que ter em conta as directrizes legais sobre a guarda de documentos no país de operação (temporalidade e processamentos de acervos com valor histórico).

A Gestão Documental como especialidade de suporte nos projectos de engenharia

As tecnologias de informação fizeram da gestão documental uma especialidade de suporte a quase todas as áreas de actividade, incluindo as engenharias. Tal como a gestão dos recursos humanos ou a gestão financeira, também a gestão dos documentos requer uma equipa especializada e exclusivamente dedicada a este trabalho.

A maioria dos mega e grandes projectos que investem no nosso País, já realizam esta actividade em regime de “outsourcing”, porque é demasiado oneroso e menos eficiente utilizar técnicos muitas vezes expatriados, quando há quotas de expatriados definidas que é necessário respeitar.

Por outro lado, existem empresas a nível nacional especializadas nesta actividade que disponibilizam a capacidade técnica necessária a menor custo. A sub-contratação local também se enquadra no compromisso que estes grandes investidores assumem de apoiar o empresariado nacional, ao usarem e desenvolverem as competências nacionais.



Fig. 1 - Organização de documentos físicos de Engenharia

ARTIGO REF: 7022

A RELEVÂNCIA DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA ACTUALIDADE: UMA PROPOSTA PARA A DEFINIÇÃO DO SEU ESTATUTO CIENTÍFICO NA COMPUTAÇÃO

Luís Roberto da Silva Olumene^(*)

Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, Moçambique

^(*)*Email:* LoLumene@tdm.mz

RESUMO

A inteligência artificial (IA) surge, formalmente, em 1956 nos estados unidos na universidade de Hanover, colégio Dartmouth, onde de entre outros participantes destaca-se os principais: John McCarthy, Marvin Minsky, Allen Newell e Herbert Simon. Esta, é definida como o campo de estudo que vai buscar conceitos tanto da psicologia cognitiva como das ciências computacionais para desenvolver sistemas artificiais que apresentam certas características da inteligência humana (Gleitman et.al 1999).

Todavia, arrasta consigo várias ambiguidades, por exemplo com as ciências computacionais, que dificultam a definição do seu lugar ou espaço, “*Estatuto Científico*”, na computação, desde a data da sua criação em 1956. Esta constatação pode-se encontrar, também, nos depoimentos de um dos principais membros fundadores da IA, Allen Newell, ao afirmar que a falta de um “*Estatuto Científico*” da IA é um problema que data desde a sua criação (Newell 1983 citado por Gardner 1985).

É neste contexto que Russel e Norvig (2010) indagam se a IA está indo na direcção certa afirmando que apesar do seu sucesso os pioneiros e membros fundadores da IA, John McCarthy e Marvin Minsky, expressaram seu descontentamento pelos progressos da mesma.

Nota-se que a relação estatutária com as ciências computacionais tida com - *Inteligência Artificial subárea das ciências computacionais* - nunca foi consensual entre a comunidade da computação ou engenharia e, não só, mesmo na comunidade da filosofia, psicologia, Sociologia e antropologia. Veja-se que a Unesco afirma que a questão de se a IA pode ou não ser uma parte das ciências computacionais é uma questão em aberto acabando concluindo que há, no entanto, algumas técnicas da inteligência artificial que estão começando a ser usadas para aplicações baseadas em computador (Unesco 1984).

Não obstante, Roger Pressman na mesma perspectiva afirmou que a longo prazo, avanços revolucionários na computação, ou engenharia, poderão ser norteados pelas ciências humanas como psicologia humana, sociologia, filosofia, antropologia e outras sendo que, a influência das ciências humanas poderá ajudar a moldar a direcção da pesquisa em computação, no futuro, o desenvolvimento dos computadores poderá ser guiado pelo entendimento da fisiologia do cérebro e não pelo conhecimento da microelectrónica convencional (Pressman 2006).

Portanto, fica evidente, que o ensino de engenharia, ou computação neste contexto, vai mudar de modo a adequar aos avanços revolucionários conforme refere Roger Pressman, isto é, inclusão nos currículos de disciplinas das ciências humanas como psicologia humana, sociologia, filosofia, antropologia entre outras.

É nesta perspectiva que algumas organizações internacionais, por exemplo INCOSE (Conselho Internacional de Engenharia de Sistemas), já iniciaram com a revisão de um futuro currículo na área de engenharia de sistemas na visão, acima, de Roger Pressman. Por exemplo, no seu documento de visão 2020, pretendem que se melhore o entendimento da psicologia, da inclusão de funções observáveis em humanos acabando concluindo que a educação e o treinamento de um Engenheiro de Sistemas, no futuro, vai focar-se em disciplinas “não - engenharia” como Sociologia e Psicologia.

É neste contexto que a presente pesquisa pretende contribuir para a definição do “*Estatuto Científico*” da IA na Computação. Para o efeito, tivemos como base de estudo e pesquisa as instituições académicas que tratam de aspectos curriculares como a ACM, IEEE, INCOSE, UNESCO e Universidades sendo que, inicialmente, desenvolvemos um Modelo de Ciclo de vida da IA que formou a base para toda a prática da pesquisa.

Obtivemos como resultado da pesquisa, alinhado com a actual filosofia dos currículos da computação da ACM/IEEE o seguinte: *Uma Definição para IA na computação; Definição das Competências Nucleares da IA na computação; Definição das Disciplinas Básicas e Gerais da IA na computação, Nova Organização para as Disciplinas da Computação na ACM/IEEE com inclusão da IA; Definição do Espaço Problema da IA na computação; Definição das Disciplinas da IA por semestre; Montagem do Mapa de Pesos por tópicos.*

REFERÊNCIAS

- [1]-Gardner H., 1985, *The Minds new science: A history of the cognitive revolution*. NewYork: Library of Congress Cataloging.
- [2]-Gleitman H., Fridlund A.J, Reisbeig D., 1999, *Psicologia*, Fundação Calouste Gulbnkiam.
- [3]-Incose, 2007, *Systems Engineering Vision 2020, Technical Operations*. Disponível e: https://www.incose.org/ProductsPubs/pdf/SEVision2020_20071003_v2_03.pdf. [Acedido em 07/08/13].
- [4]-Pressman R.S, 2006, *Engenharia de Software*, 6ª edição, São Paulo: McGraw-Hill.
- [5]-Russell S., Norvirg P., 2010, *Artificial Intelligence: A modern approach*, 3rd Edition, USA: Person Education.
- [6]-Unesco-IFIP, 1984, *A Modular Curriculum in Computer Science*. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0005/000597/059714eo.pdf>. [Acedido em 08/11/13].

PROCEEDINGS

CLME2017 / V CEM

8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia
V Congresso de Engenharia de Moçambique
Maputo (Moçambique), 4-8 Setembro 2017

SIMPÓSIO-28

Engenharia Industrial e Produção

Coordenadores

J.F. Silva Gomes^{1(*)}, Carlos C. António^{1(*)} e António S. Matos^{2(*)}

¹Faculdade de Engenharia da U. Porto, Porto, Portugal

²Faculdade de Engenharia da U. Eduardo Mondlane, Maputo, Moçambique

^(*)Editores Associados para os artigos deste Simpósio

ARTIGO REF: 9001

REABILITAÇÃO DA CARÇAÇA DE UM REDUTOR DA FÁBRICA DE BATERIAS DE AUTOMOVEIS ATRAVES DO PROCESSO DE SOLDADURA

Osmundo Héctor Rodríguez Pérez^(*)

Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, Moçambique

^(*)*Email*:: hector041246@gmail.com)

RESUMO

O redutor do misturador é o coração de uma fábrica de acumuladores (baterias) e visa, essencialmente, mover o material utilizado para fabricar as caixas e portas das baterias. O corpo do redutor consta de duas partes (carcaça superior e inferior) fundidas e um sistema de árvores e engrenagens internas para executar a função para a qual foi concebido e construído. Devido à rotura dos dentes de uma das engrenagens produz-se uma pressão interna no equipamento e surge uma série de rupturas na carcaça inferior do mesmo, estas são: no.1 o suporte da chumaceira, no.2 apoio da chumaceira, no. 3 e 4 no corpo exterior e no. 5 no corpo interior. Os objectivos do projecto de pesquisa para a recuperação do redutor são: estudo e determinação de tecnologia para a recuperação do redutor; desenvolvimento e implementação da tecnologia elaborada.

Nas análises metalográficas, no microscópio é observado ferro fundido cinzento com grafite lamelar com tamanho das lamelas entre 150 e 180 microns e numa quantidade de aproximadamente 10%, compreende ainda 2-5% de cementite propenso à fissuração. Além disso apresenta inclusões de óxido e tem poros de grandes dimensões que resultam da tecnologia de fabrico da peça e foram observadas fendas devido às ligações das lamelas de grafite. A base de metal é de ferrite e perlite em um (80-90)%.

No projecto elabora-se a tecnologia de recuperação de todas as rupturas, mas neste trabalho faz-se única menção à ruptura No.1, localizada no suporte da chumaceira e que é a mais representativa. Um esquema com as dimensões da preparação da ruptura para recuperação através da soldadura é mostrado na figura 1.

Na preparação para a reparação da ruptura No.1 devem ser considerados os seguintes passos tecnológicos: todo o material sujo deve ser removido com disco abrasivo e escova metálica e limpar a superfície da peça com gorduras, sujidade, etc, para uma distância de 25 mm a partir da aresta da extremidade. As fissuras devem ser

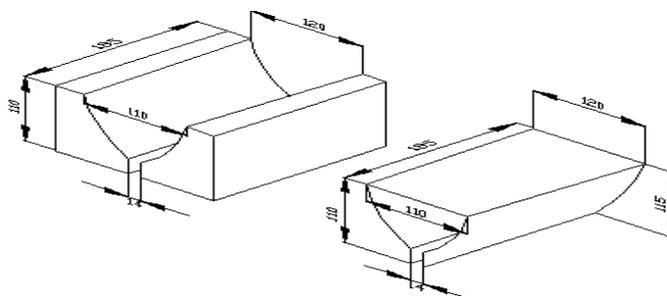


Fig. 1 - Esquema com dimensões de ruptura No 1

bem localizadas no material e devem ser eliminadas com disco abrasivo. A preparação das bordas deve ser em forma de U, sem cantos vivos. A superfície deve ser aquecida a 500 ° C durante 5 min para remover gorduras e óleos. Roscar espigas de 10 mm de diâmetro a uma

distância de 50 mm e 20 mm a partir da extremidade sobre as bordas esquerda e direita. Na figura 2 observa-se três orifícios para as espigas.

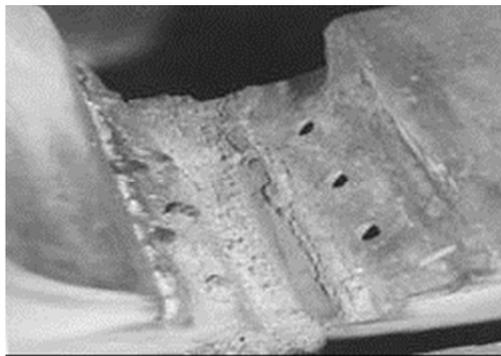


Fig. 2 - Orifícios para as espigas roscadas.

Coloca-se uma lâmina de reforço no nariz da costura para facilitar o recheado da mesma. Na recuperação por soldadura deve-se aplicar o método de soldadura a frio, com as seguintes etapas tecnológicas: aplicar um pequeno pré-aquecimento de 60°C nos cordões que são depositados primeiro e soldar na posição plana. Os eletrodos usados devem ser de 3 mm de diâmetro e com as menores intensidades de corrente possíveis, a polaridade da corrente deve ser invertida e soldar com arco eléctrico curto. O comprimento máximo dos cordões deve ser de 30 mm e uma largura de 6 mm, estes devem ser depositados rectos de forma alternada e devem ser golpeados com martelo a quente a partir da extremidade final até o início do cordão.

Na raiz da costura os cordões devem depositar-se com as técnicas de cordão por trás. O lugar onde é feita a soldadura deve ser livre de correntes de ar. Se forem observados poros estes devem ser removidos. A combinação de electrodos Ni puro e Ni-Fe é utilizada, e sempre o metal de adição de Ni se encontra ao lado do de ferro fundido. Ao chegar às espigas, estas devem ser cobertas de forma concêntrica e, em seguida, tecê-las. Os últimos cordões devem ser soldados a base de cordão de Ni-Fe, pois é necessário usinar a costura. Na Figura No 2 se mostra o recheado da costura, aqui se pode observar a soldadura das espigas da parte esquerda e os orifícios roscados dos tres que vão á direita. Em toda soldadura é garantido o resfriamento lento.

Como conclusao são consideradas correctas as tecnologias propostas e desenvolvidas para todas as rupturas do redutor, porque o mesmo foi instalado no processo de produção da fábrica com resultados satisfatórios.

REFERÊNCIAS

- [1]-Rodríguez Pérez, Hector: soldagem metalurgia. 613P. Editorial Pessoas e Educação. Havana. Cuba. 1996.
- [2]-CIME: Peças de recuperação. 403p. Cuba. 1993.
- [3]-Rosas, Eduardo. Soldagem fundições de ferro. Boletim Técnico Conarco. (5-6) p. Argentina. 1996.
- [4]-Rodriguez Perez, Hector: Considerações Teóricas experimentais para soldar ferro fundido. pesquisa hoy.12p.México.D.F.1990.
- [5]-Rodríguez Pérez, Hector: soldabilidade em ferro fundido. palestra keynote na Faculdade de Engenharia Mecânica e Elétrica. México. D. F. 1992.

ARTIGO REF: 9002

RECUPERAÇÃO DO CARRO COMPRESSOR AMF DE UMA COMPANHIA DE CHARUTOS E ANÁLISE PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

Osmundo Héctor Rodríguez Pérez^{1(*)}, Jose Carlos Cruz Rodríguez², Gilberto Israel Guri Villafruela³,
Antonio S. Matos¹, Tomas S. Massingue¹

¹Universidade Eduardo Mondlane, ()

²Empresa Cigarros Lázaro Peña, Cuba, (E mail: tecnologia@turei.co.cu)

³Universidade do Holguín Oscar Lucero Moya, Cuba, (Email: gurri@facing.uho.edu.cu)

(*)Email: hector041246@gmail.com

RESUMO

O trabalho consiste num estudo sobre a causa da falha e recuperação do carro compressor da máquina AMF da Companhia de charutos em Cuba. Esta parte é submetida a uma série de factores que provocam a ruptura dos suportes dos pilares tornando-se uma peça inadequada e afectando consideravelmente a capacidade de produção da fábrica. Neste trabalho a análise metalográfica, o estudo cinemático e processos tecnológicos típicos para a recuperação das peças são usados como métodos. A simulação através do método dos elementos finitos permite estudar a causa subjacente da deterioração do mesmo e eficácia da tecnologia adequada para a recuperação, com o objectivo de alcançar uma maior longevidade da peça.

A parte a recuperar é carro contra-compressor das máquinas AMF mostrado na figura abaixo, e tem a função de colagem e moldagem das extremidades da parte inferior de maços de cigarros.

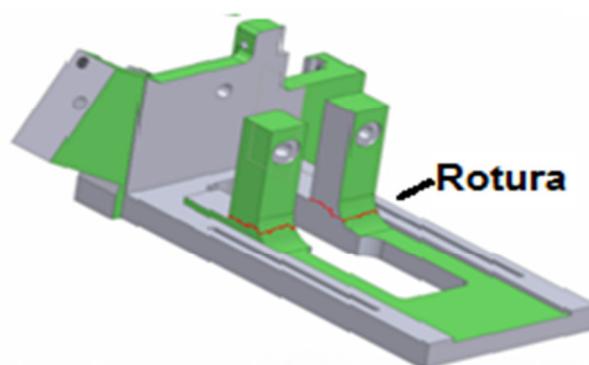


Fig. 1 - Carro contra-compressor das maquinas AMF e zona de ruptura

A causa da ruptura das partes foi fadiga do material. O material utilizado para o fabrico desta parte foi o ferro fundido cinzento, com 3,2% de C, 2,5% Si, 0,9% de P e flocos de grafite vermicular como em uma matriz perlítica ou base de metal, com uma dispersão entre as laminais da cementite de cerca de 0,2 microns. Regiões fósforo eutéticas brancas representam.

A peça é fixada num parafuso interno e, em seguida, soldada conforme a seguinte tecnologia: o processo de soldadura é manual, por arco eléctrico a frio e com pré-aquecimento da peça de 60-150 ° C.

Com o objectivo de eliminar as gorduras e outras sujidades, se deve utilizar o tetracloreto de carbono, em seguida, se faz a limpeza com discos abrasivos para o brilho metálico. Nos casos em que forem observados sintomas de infusibilidade, a parte deve ser aquecida a uma temperatura de 400 ° C durante 5 min, com um maçarico de soldadura.

Os passos do processo tecnológico da peça de soldagem são: aplicação de uma pequena pré-aquecimento de 60 ° C, fixar a peça de trabalho em um torno de banco para a soldadura em posição plana com arco curto, soldar com eléctrodo de diâmetro de 3 mm e com a intensidade mais baixa possível de corrente eléctrica, aplicar corrente directa com polaridade inversa (CDPI). Depositar os cordões com um comprimento máximo de 10 vezes o diâmetro e com uma largura de 2 vezes. A deposição deve ser feita alternadamente e aplicando golpes a quente com martelo de bronze partir do final ao princípio do cordão para remover gases que possam ficar presos na solda. Serão utilizados na base de níquel ou níquel-ferro para prevenir a formação de cementite (UTP 84 FN básico para soldar ferro fundido a frio).

As principais conclusões são: a peça foi testada com sucesso na fábrica aplicando a tecnologia de fixação mecânica e soldadura solda para recuperação do carro contra-compressor AMF; A análise FEM demonstra que a recuperação por soldadura proposta para o carro contra-compressor da máquina de embalagem de cigarros AMF é eficaz do ponto de vista da pressão de trabalho e de resistência a flexão a que a mesma está submetida.

REFERÊNCIAS

- [1]-Batista Sánchez, R; Collazo Carceller, R.; Fraga, E.; C. Figueroa Hernández, C.: Influência de corte eléctrodo parâmetros com as características da zona afectada pelo calor (HAZ), Engenharia Mecânica, No. 3, Julho -. Setembro, pp. 19-24 Havana de 2001.
- [2]-Rodríguez Madrigal, M.; Batista de Aguiar, J.; Jacas Cabrera, M.: Análise pelo método de elementos finitos de estresse na zona de contato ferramenta-chip, Engenharia Mecânica, No. 1, Janeiro -Abril de pp. 9-15 Havana de 2002.
- [3]-Rodríguez Pérez, O.H.: Recondicionamento polias usando soldagem, Engenharia Mecânica, No. 1, Janeiro -. De abril de pp. 9-15 Havana de 2004.
- [4]-Hernández Herrera, H.; Goytisol Espinosa, R.; Moya Rodríguez, J.; Jackson, I.M.: Cálculo de tensões em juntas soldadas com costuras filé à flexão assimétrica, Engenharia Mecânica, No. 3, Setembro -. De dezembro de pp. 53-58, Havana de 2004.
- [5]-Hernández Herrera, H.; Goytisol Espinosa, R.; Moya Rodríguez, J.; Jackson, I.M.: Novas expressões para calcular uma solda de torque filé costuras configuração complexa, Engenharia Mecânica, No. 3, Setembro -. De dezembro de pp. 27-34, Havana de 2006.
- [6]-Rodríguez Pérez, O.H.: Desarrollo Fabril de la Recuperación de Piezas en Cuba, Proceeding of III Conferencia Científica de la Universidad de Holguín, 2007.
- [7]-Rodríguez Pérez, O.H.. Metalurgia de soldagem, metalurgia de soldagem. 613 p. Editorial Pessoas e Educação. Havana. Cuba. 1996.

ARTIGO REF: 9003

ASPETOS CONSTRUTIVOS DE MODELO PARA ENSAIOS EM TÚNEL AERODINÂMICO

José Manuel Alves Ribeiro^{1(*)}, Maria José Varadinov², Cristina Dias²

¹Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, UTAD, Vila Real, Portugal

²Instituto Politécnico de Portalegre (ESTG), C3i - Portalegre, Portugal

(*)*Email*: jmar@utad.pt

RESUMO

O estudo e optimização de uma aeronave passam pela determinação dos seus seis coeficientes aerodinâmicos de força e de momento, com recurso à simulação computacional, ou pela medição experimental em ensaios de modelo reduzido em túnel aerodinâmico. No presente trabalho, abordam-se os aspectos construtivos de um modelo à escala de 1/13 do dirigível AS800, com 800 mm de comprimento, 18 litros de volume e uma relação diâmetro máximo/comprimento de 0.25. O modelo foi concebido para ensaios 2D e 3D, na gama de $Re \sim 10^6$, no túnel aerodinâmico do Laboratório de Aeronáutica da Academia da Força Aérea (AFA) em Sintra, equipado com uma balança electrónica de seis componentes e um sistema automático de aquisição de dados.

1. INTRODUÇÃO

O modelo foi concebido para ensaios 2D e 3D em túnel aerodinâmico, o tipo de construção do modelo foi o utilizado em aeromodelismo de alta competição, recoberto a balsa, reforçado e forrado a fibra de vidro, com regularização e acabamento superficial para pintura e envernizamento. A cor negra mate, foi escolhida para facilitar o contraste em visualizações com fumo e tufos de lã (Vide ponto 2.11). O interior do modelo é oco, como se mostra na figura 1, para poder comportar a fixação própria, com as dimensões adequadas à balança do túnel da AFA, assim como as ligações para as tomadas de pressão, (ver tabela 2), ao longo do modelo. Conforme descrito em pormenor no ponto 2.7

2. ASPETOS CONSTRUTIVOS DO MODELO

Na construção do modelo podemos distinguir as seguintes fases:

1. Construção das cavernas;
2. Colagem das longarinas e aplicação do forro;
3. Acerto dos topos (nariz e parte posterior);
4. Caixa de fixação à balança;
5. Regularização da superfície do modelo;
6. Forragem do modelo com fibra de vidro;
7. Colocação das tomadas de pressão e corte da tampa de ligação ao cabeçote;
8. Construção das derivas e da gôndola;

9. Regularização da superfície com acabamento para pintura;
10. Pintura e acabamentos;
11. Forma final;

2.1 Construção das cavernas

As dezassete cavernas foram projectadas e construídas, a partir do desenho do modelo AS 800, após o seccionamento em quarenta secções espaçadas de 2 cm como se pode ver na tabela 1. Estas são aros simples, seccionados em trinta e duas divisões de 3 x 3 mm excepto as do cabeçote que têm reforço horizontal e vertical, como se mostra na fig.1, sendo o vertical superior, já que a parte inferior é a tampa para fecho do encaixe do cabeçote, como se pode ver na fig.5. As cavernas aumentam de diâmetro até aproximadamente 2/3 do comprimento do modelo, diminuindo de seguida até à secção 35.

Do exposto, bem como, do número de cavernas para além das suas divisões, facilmente se conclui da necessidade de uma mesa de montagem. A mesa, como se mostra na figura 2, de forma paralelepípedica com as dimensões: 100X40X16 cm em MDF de 18 mm de espessura, o tampo da qual, em MDF de 3mm de espessura, com a forma do perfil do dirigível no qual se marcaram a posição das cavernas, que servia de guia para posterior colocação das cavernas e, com o intuito de as alinhar, construiu-se um gabarito em madeira de balsa com 3 mm de espessura, este encaixava num rasgo coincidente com o eixo vertical das cavernas, de 15 mm de profundidade e, 3 mm de espessura, no qual foi fixada uma longarina de 3x3 mm na parte inferior da mesa, na qual foram montadas e coladas as cavernas.

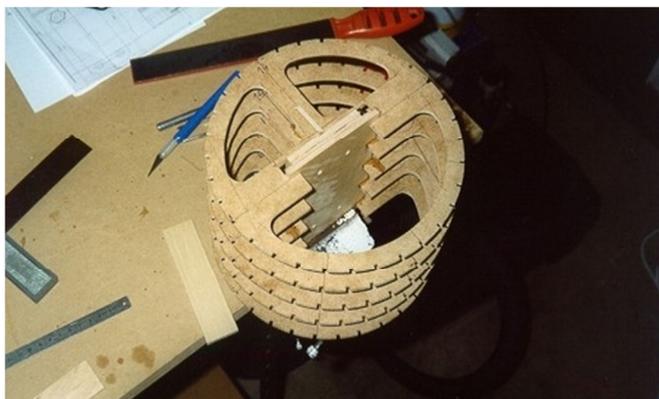


Fig.1 - Cavernas de suporte do cabeçote, com reforços horizontais e verticais.

O fecho das partes laterais, com o fundo da mesa, foi feito com duas calhas em L de alumínio amovíveis, ver fig.3.3, permitindo assim rodar as cavernas após a colocação das quinze primeiras longarinas.

As dimensões do modelo usadas foram escolhidas de acordo com a largura da secção de ensaio do túnel a utilizar, de modo a que se pudesse usar a secção aberta para minimizar correcções de bloqueamento em conjunto com placas de bordo marginal para ensaios bidimensionais.



Fig. 2 - Mesa de montagem do modelo. Com as longarinas, gomas, aros e sendo bem visível o perfil em L para fecho da mesa.

O fecho das partes laterais, com o fundo da mesa, foi feito com duas calhas em L de alumínio amovíveis, ver fig.2, permitindo assim rodar as cavernas após a colocação das quinze primeiras longarinas.

Tabela 1- Modelo AS800. Diâmetro de construção de cavernas, dimensões em mm, precisão das dimensões de torneamento $\pm 0,1$ mm

Nº	RAIO	DIÂMETRO	DIÂMETRO COMPENSADO	QUADRADO	DIÂMETRO DE TORNEAMENTO	OBS
3	58,6	117,2	114,2	130x130	114,2	2 peças
5	73,1	146,2	143,2	155x155	143,2	
8	87,4	174,8	171,8	180x180	171,8	
11	96,3	192,6	189,6	200x200	189,6	
14	101,0	202,0	199,0	210x210	199,0	
15 A	102,0	204,0	201,0	210x210	201,0	
17	102,3	204,6	201,6	210x210	201,6	
18 A	101,9	203,8	200,8	210x210	200,8	
20	101,3	202,6	199,6	210x210	199,6	
23	98,5	197,0	194,0	210x210	194,0	
26	93,8	187,6	184,6	200x200	184,6	
29	86,8	173,6	170,6	180x180	170,6	
31	80,7	161,4	158,4	180x180	158,4	
33	73,0	146,0	143,0	155x155	143,0	
35	63,3	126,6	123,6	130x130	123,6	2 peças

As dimensões do modelo usadas foram escolhidas de acordo com a largura da secção de ensaio do túnel a utilizar, de modo a que se pudesse usar a secção aberta para minimizar

correções de bloqueamento em conjunto com placas de bordo marginal para ensaios bidimensionais.

2.2 Colagem das longarinas e aplicação do forro

As trinta e duas longarinas com 640x3x3 mm foram coladas às cavernas nas respectivas secções, ver fig.2, tendo sido coladas inicialmente as quinze da parte superior da mediatriz da secção do modelo. Acabado este processo as cavernas foram rodadas 180° para colocação de mais quinze longarinas, as duas restantes correspondiam ao tampo da mesa e ao perfil tendo sido coladas no fecho do forro.

A aplicação do forro, como se pode ver na fig. 2, foi feita através de 32 gomos em balsa com 640 mm de comprimento e 1.5 mm de espessura, variando a largura de 10 mm na caverna 3, aumentando progressivamente até 20 mm na caverna 17 e diminuído também progressivamente até 12 mm na caverna 35. O fecho foi efectuado com as duas longarinas em falta.

Seguidamente procedeu-se ao acerto dos topos correspondentes às cavernas 3 e 35 com taco em lixa de madeira nº 300. Finalmente foi marcada a abertura para aperto ao cabeçote da balança.

2.3 Acerto dos topos (Nariz e parte posterior)

Para trabalhar os topos, ou seja a feitura do nariz e parte posterior do modelo, usou-se como referência o prolongamento de oito longarinas simétricas e opostas para a determinação do início e fim do modelo, tendo como referência o comprimento do eixo longitudinal.

Os topos foram construídos a partir de um bloco de madeira de balsa, tendo sido moldados com X-acto e lixa até ser levado à forma final com gabaritos da forma exterior longitudinal do dirigível. De seguida procedeu-se ao acabamento, com lâmina de barbear e afagado com taco em lixa de madeira nº 150, do nariz e parte posterior do modelo para se garantir uma sã ligação ao restante corpo do modelo.

Os topos, são amovíveis para facilitar o acesso ao interior do modelo, permitindo assim a ligação dos tubos às tomadas de pressão, bem como, facilitar o aperto do modelo ao cabeçote da balança. Os topos, como se mostra na fig. 3, são fixos às cavernas 3 e 35 através de quatro encaixes de macho e fêmea, sendo o macho constituído por um perno de carbono com 3 mm de diâmetro e 40 mm de comprimento penetrando 25mm na secção do nariz e parte posterior e, os restantes 15 mm encaixam na secção das cavernas 3 e 35 em tubos de alumínio com 20 mm de comprimento e com diâmetros interior e exterior respectivamente de 3,2 e 4 mm.

2.4 Caixa de fixação à balança

A caixa de fixação do modelo à balança, serve de apoio à base do cabeçote, foi feita das cavernas 14 à 20 inclusive, as cavernas 15 A e 18 A são intermédias entre as 14 e 17 e, 17 e 20 respectivamente, ver tabela 1. Com a finalidade de conferir maior resistência aos pontos de aperto, assim como, às forças aerodinâmicas desenvolvidas durante os ensaios no túnel aerodinâmico estas cinco cavernas diferem das restantes, ver figura 1. As restantes cavernas, como descrito anteriormente no ponto 2.1 são de aro simples, enquanto estas cinco têm um T construído a partir da linha média horizontal e vertical com a largura de 3 e 2 cm respectivamente, sendo o comprimento igual ao diâmetro das respectivas cavernas.



Fig. 3 - Topos de fecho do dirigível, sendo

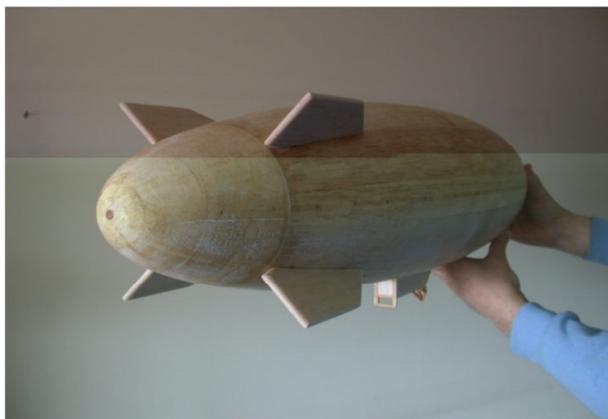


Fig. 4 - Modelo AS8000 com as derivas e a gôndola.

Para o aperto do modelo ao cabeçote da balança, foi construída uma caixa a qual foi embutida nas supra citadas cavernas, com o formato do mecanismo de fixação à balança, furação do cabeçote, sendo o fundo em contraplacado de 5mm e um rebordo de 1,5 cm. A caixa, relativamente às dimensões do cabeçote, tinha uma folga de 3 mm para permitir uma rápida e precisa colocação do modelo no supra citado cabeçote.

2.5 Regularização da superfície do modelo

Para esta operação e seguintes, foi construído um suporte para apoio do modelo através de uma longarina de madeira com 8 mm de diâmetro, permitindo assim, rodar o modelo em torno do eixo longitudinal sem este tocar o chão. Ver Figura 5.

Nesta fase, procedeu-se ao enchimento da superfície com betume de balsa (Hobbylite Balsa Colorede Filler) e à posterior regularização da superficial através de lixagem.



Fig. 5 - Suporte para apoio do modelo

2.6 Forragem do modelo com fibra de vidro

Segui-se a fase final da preparação, para a subsequente forragem com fibra de vidro. Para tal, preparou-se 100 g de resina, constituída por 62% de resina e 38% de secante, com mistura cuidadosa para boa homogeneização, seguida de diluição por 25% a 30% de metanol.

Procedeu-se então à forragem da superfície, do dirigível (assente no suporte supra citado.) com fibra de vidro de 18 g.m^{-2} , com compressão por folha plástica transparente, estendida por toda a superfície para melhor acabamento e uniformização da distribuição da resina, sendo o excesso de fibra cortado com X-acto.

2.7 Colocação das tomadas de pressão e corte da tampa de ligação ao cabeçote

As tomadas de pressão previamente marcadas, segundo as cotas da tabela 2, foram, após a forragem com fibra de vidro, furadas para encaixe de tubos de latão com 20 mm de comprimento e 1,5 mm de diâmetro, colados à estrutura do modelo com cianoacrilato, aos quais posteriormente foram acoplados tubos em silicone para ligação ao manómetro multi tubos, para leitura das pressões nas respectivas secções, estas são 37 desfasadas de 90° , a primeira é comum, à segunda corresponde a vigésima, à terceira corresponde a vigésima primeira e assim sucessivamente até à décima nona à qual corresponde a trigésima sétima.

Tabela 2- Modelo AS800
Cotas dos tubos de pressão do modelo AS800

Pressão Vertical	Pressão Horizontal	COTAS mm
1	****	0
2	20	6
3	21	20
4	22	40
5	23	80
6	24	120
7	25	150
8	26	190
9	27	240
10	28	295
11	29	355
12	30	420
13	31	480
14	32	540
15	33	600
16	34	640
17	35	680
18	36	720
19	37	760

De seguida foi cortada a tampa de ligação ao cabeçote, corte efectuado junto às longarinas a fim de não diminuir a rigidez do modelo, a 43° com a finalidade de acompanhar a linha de curvatura, em forma de coroa circular com $16 \times 12 \text{ mm}$, tendo um furo de 26 mm para permitir a entrada do veio da balança no modelo, reduzindo assim ao mínimo os fenómenos de interferência modelo/balança.

2.8 Construção das derivas e da gôndola

Foram construídas quatro derivas e a gôndola, amovíveis, utilizando a mesma escala do modelo, ou seja, 1/13, com o mesmo material do modelo. Ver Figura 4.

Cada deriva é fixada ao corpo do dirigível através de dois pernos em carbono, com 1 mm de diâmetro e quinze mm de comprimento, que encaixam em tubos de alumínio com 1,2 mm de diâmetro interno. A gôndola é fixa ao modelo do mesmo modo que as derivas sendo fixa por quatro pernos também em carbono.

2.9 Regularização da superfície para acabamento e pintura.

O acabamento superficial foi então iniciado com a regularização superficial de preparação para a pintura, através do enchimento da superfície não uniforme e dos poros com resina, seguido de lixagem com lixa de água (400 e 600) bem molhada para aumentar o deslize, ficando assim o dirigível pronto para a primeira demão de tinta.

2.10 – Pintura e acabamentos

A pintura da superfície do dirigível, foi feita com várias camadas de tinta acrílica negra mate (Spies Hecker, tipo Permacran Vorlack, série 293). Após a pintura de cada camada, o dirigível foi sucessivamente lixado com lixa de água 400 e água, fazendo-se aplicação localizada de uma mistura de pó de talco com tinta, para regularização superficial antes da demão de tinta seguinte.

Foram aplicadas cinco demãos de tinta, seguidas de três demãos de verniz acrílico (Spies Hecker Permacron Verdünnung 3363) com lixagem entre demãos com lixa de 800-1000, com água e polimento, até se obter uma superfície espelhada. Toda a pintura e aplicação de verniz foram feitas com aerógrafo.

Após a pintura foi verificada toda a tubagem, garantindo assim que esta se encontrava totalmente livre e desimpedida de possíveis resíduos, com a finalidade de garantir medições das pressões não falseadas.

2.11 – Forma final

A cor negra mate, como se mostra na fig.5, foi escolhida para facilitar o contraste em visualizações com fumo e tufos de lã. O dirigível assim obtido apresentava uma forma dimensionalmente tão próxima quanto possível dos valores de projecto e mostrou-se extremamente rígida e resistente à utilização normal.



Fig. 5 - Forma final do modelo AS800, sendo visíveis a gôndola, as derivas e a caixa de fixação à balança da AFA.

4. CONCLUSÕES

O modelo construído permitiu obter valores dos coeficientes de força e de momento para rumos de vento a toda a roda do envelope;

A presença de uma esteira comparativamente estreita, comparada com o diâmetro máximo do envelope, para escoamento incidente a derrapagem nula, mas com a maior parte das superfícies de guiamento e controlo da cauda nela imersas;

O modelo construído para ser utilizado nos ensaios mostrou-se perfeitamente adequado ao fim em vista, superando em qualidade as características impostas, à partida, apresentando robustez, leveza, acabamento superficial e versatilidade ótimas;

A extensão da perturbação do escoamento global pela presença da gôndola.

Em Portugal, o desenvolvimento dos conceitos e dos processos de logística inversa, têm sido iniciados mas de uma forma ainda incipiente e com evidentes lacunas na aplicação.

REFERÊNCIAS

[1]-Jane's Unmanned Aerial Vehicles and Targets, 1995.

[2]-Lourtie, P. Azinheira, J. R. Rente, J. P. and Felício, P. "ARMOR Project – Autonomous Flight Capability", AGARD FVP 95 Specialists Meeting on the Design and Operation of Unmanned Air Vehicles, Ankara, 1995. Khoury, G.A. e Gillet, J.D.-Airship Technology, Cambridge Aerospace Series, 2002.

[3]-Ribeiro, J.M.A. Optimização da Forma Aerodinâmica de um digível não Tripulado, Tese de Doutoramento, UTAD. Vila Real, 2009.

PANORAMA DA INVESTIGAÇÃO DA LOGÍSTICA INVERSA EM PORTUGAL

Maria José Varadinov^{1(*)}, José Alves Ribeiro², Cristina Dias¹, Sérgio Rubio Lacoba²

¹Instituto Politécnico de Portalegre (ESTG), C3i - Portalegre, Portugal

²Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Depart. Eng^a de Materiais (CITAB) - Vila Real, Portugal

³Universidad de Extremadura, Escuela de Ingenierías Industriales - Badajoz, Espanha

(*)Email: dinov@estgp.pt

RESUMO

A logística inversa está a ganhar espaço no âmbito empresarial como consequência da escassez de matérias-primas e a consciencialização da população para a importância de uma produção mais sustentável. Este fenómeno surge, essencialmente, através da premissa de gestão dos fluxos de devoluções e que tem sido alvo de inúmeras pesquisas, contudo, a gestão e otimização adequada destes fluxos não despertaram o interesse dos académicos relativamente até há bem pouco tempo, de tal modo que atualmente quer o conceito de logística inversa como a terminologia associada, ainda estão num processo de homogeneização e aceitação por parte do mundo académico. Pretende-se deste modo, verificar quais os temas que os académicos portugueses estão a abordar e atribuem maior destaque, nos últimos anos, nos seus trabalhos de investigação sobre logística inversa, em que setores de atividade se debruçam e qual a importância destacada dos fatores económico, social e legislativo subjacentes à sua realização.

1. INTRODUÇÃO

A logística inversa está a ganhar cada vez mais espaço no âmbito empresarial em função da preocupação com o desgaste do meio ambiente e como consequência da escassez de matérias-primas e a consciencialização da população para a importância de uma produção mais sustentável. Devido a estas razões são cada vez mais os setores que adotam este tipo de logística, levando a cabo as mais variadas atividades. São as indústrias de ferro e aço, a aviação comercial, a indústria de computadores, o setor de eletrodomésticos, ou o setor de produtos médicos, que colocaram em prática este tipo de técnica de logística inversa (Dowlatshahi, 2000; Sarkis, 2001; Beullens, 2004). A figura 1 demonstra o processo de logística inversa.

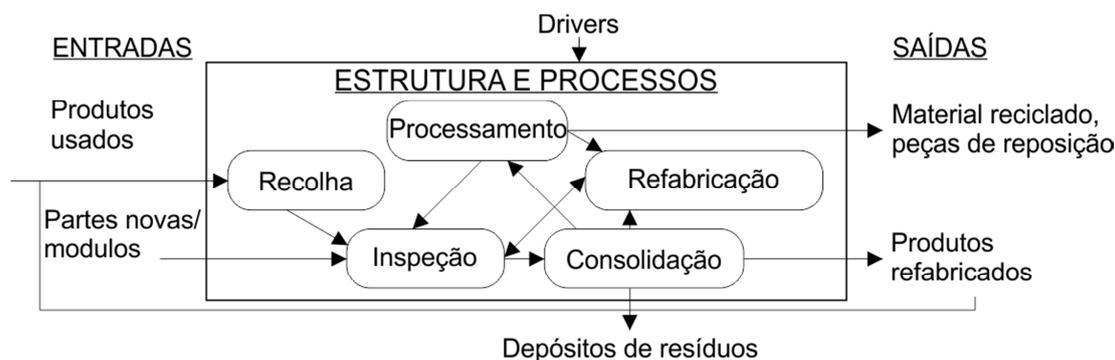


Fig. 1 - Processo de Logística Inversa (Fonte: Adaptado de Pokharel e Mutha, 2009)

Dowlatsahi (2005) define a logística inversa como um processo sistemático responsável pela gestão do fluxo de produtos e peças, desde o ponto de consumo até ao ponto de fabricação. Este fenómeno surge, essencialmente, através da premissa de gestão dos fluxos de devoluções e que tem sido alvo de inúmeras pesquisas durante décadas (Fleischmann et al., 1997). Contudo, a gestão e otimização adequada destes fluxos não despertaram o interesse dos académicos relativamente até há bem pouco tempo, de tal modo que importa, portanto, verificar quais os temas que os académicos portugueses estão a abordar e atribuem maior destaque, nos últimos anos, nos seus trabalhos de investigação sobre logística inversa e em que setores de atividade se debruçam os investigadores. Importa também verificar qual a importância atribuída aos fatores económico, social e legislativo subjacentes à sua realização.

2. REVISÃO DOS TRABALHOS ACADÉMICOS EM PORTUGAL

A revisão dos trabalhos académicos em logística inversa é importante pois permite identificar a situação atual em Portugal e os setores de atividade em que se tem desenvolvido, contribui para melhorar a visão do estado da arte, sendo também relevante como suporte ao desenvolvimento e implementação de sistemas de logística inversa pelas empresas portuguesas.

2.1 Principais teses de doutoramento realizadas

Nas tabelas seguintes apresentam-se as teses de doutoramento concluídas e em curso, realizadas em Portugal, sobre o tema da cadeia de abastecimento até 2014, retiradas da base de dados bibliográfica da DGEEC-DEES (Direção de Serviços de Estatísticas da Educação - Divisão de Estatísticas do Ensino Superior). De salientar que, da consulta da base de dados, não foram encontrados quaisquer dados dos conteúdos das teses sobre o tema da logística inversa, sendo consultado os resumos através de pesquisa no motor de busca da Google. Das teses de doutoramento encontradas, através das palavras-chave: *reverse logistics*; *supply chain management*; *sustainability*, foram selecionadas as que se consideravam mais relevantes para o tema, através do título das teses, e das quais se apresentam os respetivos temas abordados pelos autores.

Johann Justus Meckenstock (2014) na sua tese sobre “The Wicked Problem of Sustainable Supply Chain Management”, da Universidade de Lisboa, refere que as cadeias de abastecimento estão a mudar o seu paradigma de negócios de como se esforçam para a sustentabilidade e não apenas para aumentar os lucros. Sustentabilidade, no entanto, é um conceito que está aberto à interpretação, uma vez que se baseia em valores sociais e organizacionais. Pouco se sabe sobre o que as empresas realmente têm a dizer quando se refere à sustentabilidade, e como isso contrasta com a compreensão em diferentes escalões da cadeia de abastecimento. Este trabalho pretendeu contribuir para preencher o fosso entre as expectativas do senso comum e da evidência real de relatórios de sustentabilidade, como a sustentabilidade evolui de ideias abstratas para práticas operacionais em toda a cadeia de abastecimento. Para este fim, este estudo emprega uma análise de conteúdo, auxiliado por computador, de 142 relatórios de sustentabilidade corporativos ao redor de 12 indústrias. Com base nos resultados, este artigo fornece orientações para os profissionais sobre como desenvolver estratégias que são eficazes em toda a cadeia de abastecimento.

Tabela 1 - Teses de Doutoramento Realizadas ou Reconhecidas em Portugal

Nome	Título da tese	Domínio Científico	Instituição	Ano
Johann Justus Meckenstock	The Wicked Problem of Sustainable Supply Chain Management	Outras Ciências da Engenharia e Tecnologias	Universidade de Lisboa	2014
Susana Carla Vieira Lino Medina Duarte	Modeling Lean and Green Supply Chain	Outras Ciências da Engenharia e Tecnologias	Universidade Nova de Lisboa	2013
Sónia Raquel de Sousa Neves Cardoso	Design And Planning of Closed-Loop Supply Chains dealing with Uncertainty, Financial Risk and Resilience	Outras Ciências da Engenharia e Tecnologias	Universidade de Lisboa	2013
Tânia Rodrigues Pereira Ramos	Tactical And Operational Planning In Reverse Logistics Systems With Multiple Depots	Outras Ciências da Engenharia eTecnologias	Universidade Técnica de Lisboa	2012
Maria Isabel Azevedo R. Gomes Salema	Design and Planning of Closed-Loop Supply Chains	Outras Ciências da Engenharia e Tecnologias	Universidade Técnica de Lisboa	2007

Susana Duarte (2013) no seu trabalho de doutoramento subordinado ao tema “Modeling Lean And Green Supply Chain”, da Universidade Nova de Lisboa, refere que o sucesso de uma organização depende do controle eficaz da sua cadeia de abastecimento. É importante reconhecer novas oportunidades para a organização e para a sua cadeia de abastecimento.

Nos últimos anos, a cadeia de abastecimento tem sido tratada na literatura científica segundo diversas abordagens, relevando-se paradigmas *lean*, *green*, flexibilidade, resiliência. A investigação neste domínio mostrou que a integração desses conceitos apresentou algumas contradições, pelo que este trabalho focou principalmente as abordagens *lean* e *green*.

Treze quadros de gestão diferentes foram estudados, analisando-se recompensas, padrões e ferramentas para entender se poderiam contribuir para a modelação de uma abordagem *lean* e *green*. O estudo revela um número de categorias que são comuns na maioria dos quadros de gestão, proporcionando condições adequadas para a transformação da cadeia de abastecimento *lean* e *green*. Foi proposto um quadro conceptual para a avaliação de uma cadeia de abastecimento *lean* e *green*.

O quadro considera seis critérios fundamentais: liderança, pessoas, planeamento estratégico, partes interessadas, processos e resultados. Foi proposto um método de avaliação, considerando-se uma pontuação para cada critério. O objetivo foi o de entender como a cadeia de abastecimento *lean* e *green* pode ser compatível em todos os critérios-chave, utilizando-se simultaneamente princípios, práticas, técnicas ou ferramentas (por exemplo, elementos) que suportam os dois paradigmas, *lean* e *green*. Um estudo de caso na cadeia de abastecimento da

indústria automóvel foi realizado para compreender mais profundamente se os elementos propostos para o quadro conceptual poderiam ser implementados em cenário real. Com base no marco conceptual e no estudo de caso, apresentou-se um guia para alcançar uma transformação *lean-green*. O guia proposto revelou a sua contribuição para o entendimento de como e quando uma organização deve aplicar os elementos *lean* e *green* na sua cadeia de abastecimento. Este estudo é relevante para os profissionais, pois permite auxiliar os gestores na adoção de uma abordagem de cadeia de abastecimento *lean* e *green*, fornecendo tópicos para a implementação de uma cadeia de fornecimento híbrida.

Sónia Raquel De Sousa Neves Cardoso (2013) com o tema “*Design And Planning Of Closed-Loop Supply Chains Dealing With Uncertainty, Financial Risk And Resilience*”, da Universidade de Lisboa, desenvolve uma formulação de programação linear inteira mista (PLIM, ou MILP) para o projeto e planeamento das cadeias de abastecimento com fluxos bidirecionais considerando simultaneamente produção, distribuição e atividades de logística inversa. Também é considerada a incerteza da procura dos produtos utilizando uma abordagem de cenário em árvore. Como objetivo principal, o modelo define a maximização do valor líquido presente esperado e os resultados fornecem detalhes sobre o dimensionamento e localização de fábricas, armazéns e retalhistas, definição de processos a instalar, estabelecimento de fluxos diretos e inversos, e estabelecer níveis de existências a atingir. O modelo é aplicado a um estudo de caso de uma cadeia de abastecimento com representatividade europeia e é demonstrada a sua aplicabilidade.

O trabalho de Tânia Ramos (2012) subordinado ao tema “*Tactical And Operational Planning In Reverse Logistics Systems With Multiple Depots*”, da Universidade Técnica de Lisboa, desenvolve novos modelos de programação linear inteira mista e abordagens nova solução para apoiar decisões de planeamento tático e operacional nos sistemas de logística inversa envolvendo múltiplos depósitos. A autora abordada a delimitação de áreas de serviço, definição de rotas e programação, quantificação das emissões de CO₂ e equilíbrio das horas de trabalho dos condutores. A contribuição deste trabalho foi construir a base para uma ferramenta de solução que suporta uma operação sustentável das redes de logística inversa. Ou seja, através do aumento da eficácia dos sistemas de recolha de resíduos recicláveis, enquanto se diminui os impactos ambientais e aumenta as preocupações sociais. Os modelos foram aplicados a diferentes estudos de caso reais.

Maria Isabel Azevedo Rodrigues Gomes Salema (2007) com o tema “*Design And Planning Of Closed-Loop Supply Chains*”, da Universidade Técnica de Lisboa, propõe um modelo de rede multi-período e multiproduto para a conceção e planeamento de cadeias de abastecimento com fluxos bidirecionais simultâneos. É empregue uma abordagem em gráfico baseado nos conceitos convencionais de nós e arcos para modelar a rede, em que se assume que qualquer nó de rede é um ponto de transformação dos fluxos de entrada em fluxos de saída, que no limite pode não diferir e que os arcos correspondentes descrevem os fluxos dos produtos ao longo da cadeia. A conceção estratégica da cadeia de abastecimento é tratada simultaneamente com o planeamento tático das operações, que abrange o abastecimento, produção, armazenamento e distribuição. É estudado um exemplo baseado num caso da indústria Português a fim de validar tanto a aplicabilidade e a adequação do modelo aos problemas do mundo real.

Para além das teses realizadas em Portugal, a tabela seguinte apresenta ainda algumas teses que estão em vias de serem concluídas no tema da logística inversa e da cadeia de abastecimento.

Tabela 2 - Teses de Doutoramento em curso em Portugal

Autor	Título	Instituição	Ano de início
André Gimbe	Logística Da Cadeia De Abastecimento Na Industria Petrolífera	Universidade Nova de Lisboa	2013
Carla Sofia Renca Da Cruz	Gestão Do Risco Na Cadeia De Abastecimentos: O Impacto Das Ruturas Com Origem Na Procura E Avaliação De Estratégias De Mitigação Aplicáveis	Universidade De Aveiro	
Carlos José Lúcio Martins	Modelação Holística De Uma Cadeia De Abastecimento Sustentável	Universidade De Lisboa	2013
Cristina Maria Miranda Alves Luís	Impacto Da Sincronização Global De Dados Na Gestão Da Cadeia De Abastecimento	Iscte - Instituto Universitário De Lisboa	2006
João Pedro Palhas Gregório	Desempenho Sustentável Da Cadeia De Abastecimento: Um Estudo Empírico Do Sector Agro-Alimentar	Universidade De Aveiro	Não Disponível
Rui Alexandre Carvalhais Costa Padrão	A Criação De Valor Nas Estratégias Colaborativas Da Cadeia De Abastecimento: O Economic Profit Diádico Como Ferramenta De Modelização E Simulação	Universidade Do Porto	2012

Apresentadas as principais teses de doutoramento subordinadas ao tema da logística inversa e da cadeia de abastecimento, realizadas em Portugal bem como alguns temas de teses em curso, apresentam-se, também no ponto seguinte, os principais artigos publicados em revistas científicas realizados em Portugal, para verificar qual o estado da arte do desenvolvimento e implementação de sistemas de logística inversa nas empresas portuguesas e em que setores de atividade se tem desenvolvido

2.2 Trabalhos de investigação elaborados e respetivos setores de atividade

Neste ponto pretende-se apresentar uma pesquisa dos principais autores e trabalhos publicados na área da logística em Portugal, nos últimos anos, e os setores sobre os quais incidiu a investigação, de modo a verificar a relevância que os investigadores estão a dar ao tema da logística inversa.

Para a pesquisa foram utilizadas essencialmente informações obtidas através de investigadores na área da cadeia de abastecimento de centros de investigação portuguesas que incidiram a sua investigação sobre a implementação de processos de logística inversa nas empresas portuguesas, bem como através do motor de busca da Google, utilizando as palavras-chave *reverse logistics*, *supply chain management*, *CLSC*, *sustainability*.

Tabela 3 - Principais publicações sobre logística inversa em Portugal

ANO	AUTOR	TITULO	ATIVIDADE
2010	Salema, Barbosa-Póvoa e Novais	Simultaneous design and planning of supply chains with reverse flows: A generic modelling framework	Geral
2012	Cardoso, Barbosa-Póvoa e Relvas	Optimal Design And Planning Of Supply Chains With Integrated Forward And Reverse Flows Under Uncertainty	
2013	Ramos, Gomes e Barbosa-Póvoa	Tactical and Operational Planning in Reverse Logistics Systems with Multiple Depots	Distribuição
2014	Govindan, Azevedo, Carvalho e Cruz-Machado	Impact of supply chain management practices on sustainability	Indústria automóvel
	Niza, Santos, Costa, Ribeiro e Ferrão	Extended producer responsibility policy in Portugal: a strategy towards improving waste management performance	Geral
	Ramos, Gomes e Barbosa-Póvoa	Planning a sustainable reverse logistics system: Balancing costs with environmental and social concerns	Geral
	Ramos, Gomes e Barbosa-Póvoa	Economic and environmental concerns in planning recyclable waste collection systems	Recolha de lixo

Uma das principais investigadoras da área da logística inversa é Ana Póvoa do Instituto Superior Técnico de Lisboa, e seus colaboradores, como por exemplo, Maria Isabel Salema da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa. Em 2010, os autores Salema, Barbosa-Póvoa e Novais, publicaram o artigo: *Simultaneous design and planning of supply chains with reverse flows: A generic modelling framework*. Com o aumento da sensibilização da sociedade em relação às questões ambientais aumentou também a responsabilidade dos produtores e das empresas que passaram a abranger não só o fabrico do produto, mas todo o seu ciclo de vida. Neste estudo é proposto um modelo de rede multiperíodo, multiproduto e planeamento simultâneo de cadeias de fluxo inverso. Aqui a formulação de tempo adota uma perspectiva de gestão, ou seja, a conceção estratégica da cadeia de abastecimento é tratada simultaneamente com o planeamento tático do seu funcionamento, que abrange o abastecimento, produção, armazenamento e distribuição.

Em 2012, Barbosa-Póvoa colabora com novos investigadores, lançando o artigo: *Optimal Design And Planning Of Supply Chains With Integrated Forward And Reverse Flows Under Uncertainty* (Cardoso, Barbosa-Póvoas e Relvas, 2012). Este estudo teve como suporte a noção de que um mercado cada vez maior, juntamente com uma preocupação crescente com o meio ambiente originam uma nova forma de pensar ao projetar e planear as cadeias de abastecimento. A ideia do aumento da sustentabilidade numa cadeia de abastecimento tem sido cada vez mais emergente. Assim, surgiram as cadeias de abastecimento de circuito fechado, onde não só o abastecimento dos clientes finais é considerado, mas também são pensados aspetos de logística inversa (Cardoso et al., 2012).

No trabalho realizado por Ramos, Gomes e Barbosa-Póvoa (2013), *Tactical and Operational Planning in Reverse Logistics Systems with Multiple Depots*, desenvolveu-se novos modelos de programação linear e novas abordagens para apoiar as decisões de planeamento tático e operacional dos sistemas de logística inversa envolvendo múltiplos armazéns. O estudo

contribuiu para a criação de uma ferramenta que aumente a eficiência dos sistemas de recolha de lixo reciclável diminuindo assim os impactos ambientais (Ramos et al., 2013).

Em 2014, Ramos, Gomes e Barbosa-Póvoa (2014a) publicaram um artigo onde mostraram como construir o plano de um sistema de logística inversa sustentável tendo em conta preocupações ambientais e sociais. Este trabalho é extremamente relevante pois na literatura é comum a abordagem do ponto de vista económico e ambiental (sendo que esta última só surgiu recentemente) mas é rara a abordagem do ponto de vista social, sendo que a análise dos três fatores é completamente inovadora. As autoras tomaram a decisão de analisar estas três componentes de forma a ajudar a tomada de decisão do ponto de vista da gestão de um sistema de recolha de resíduos recicláveis onde foram tomadas decisões estratégicas sobre o número e localização dos armazéns, veículos e contentores (Ramos et al., 2014a). Nesse mesmo ano as já referidas autoras publicaram um novo artigo com o título: *Economic and environmental concerns in planning recyclable waste collection systems*. Este artigo aborda as preocupações ambientais e económicas no planeamento dos sistemas de recolha de resíduos recicláveis. Neste artigo as áreas de serviço e as rotas dos veículos são definidas por redes de logística com múltiplos depósitos, onde diferentes produtos são recolhidos. O modelo desenvolvido no trabalho consegue chegar a uma economia de até 22% nas distâncias e 27% nas emissões de CO₂, superando assim as metas ambientais e económicas (Ramos et al., 2014b).

No mesmo ano, Niza, Santos, Costa, Ribeiro e Ferrão publicaram um artigo com o título: *Extended producer responsibility policy in Portugal: a strategy towards improving waste management performance*. Este artigo fornece uma avaliação da evolução da gestão de resíduos em Portugal, com especial ênfase no desempenho trazido pela adoção de vários esquemas de EPR (Extended Producer Responsibility), nomeadamente os desenvolvidos para embalagens (geral, medicina e produtos fitofarmacêuticos), pneus usados, óleos minerais usados, veículos em fim de vida (VFV), resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos (REEE), pilhas e acumuladores portáteis e baterias de carros e industriais. Os resultados sugerem que a evolução da aplicação do EPR em Portugal foi, até agora, bem-sucedida, não só em termos quantitativos mais também em termos qualitativos (contribuindo assim para a redução do impacto ambiental). No entanto ainda há espaço para melhorar o impacto dos sistemas EPR a longo prazo já que grande parte depende de instrumentos de natureza política que podem influenciar positivamente os regimes e o contexto em que os sistemas EPR operam (Niza et al., 2014).

Govindan, Azevedo, Carvalho e Cruz-Machado (2014) editaram um artigo onde tratam o assunto do impacto da gestão das cadeiras de *stocks* na sustentabilidade. Para tal foi utilizada uma abordagem de pesquisa dedutiva para derivar um modelo conceitual sobre este assunto, utilizando como exemplo uma cadeia de produção automóvel Portuguesa. À semelhança de um artigo analisado anteriormente de Ramos, Gomes e Barbosa-Póvoa (2014a), este artigo apresenta uma abordagem inovadora, uma vez que estuda simultaneamente as três dimensões da sustentabilidade (ambiental, social e económica).

2.3 Fatores impulsionadores da logística inversa nas empresas portuguesas

Apresentados os trabalhos mais recentes de investigadores portugueses realizados nas empresas portuguesas, importa salientar a importância destacada nos mesmos, dos fatores económico, social e legislativo, subjacentes à sua realização e que constituem o objetivo deste trabalho de investigação.

Ao analisar os artigos acima referenciados, é possível verificar que todos analisam o **aspecto económico** da logística inversa com a redução de custos por parte das empresas como principal objetivo. A gestão dos resíduos sólidos é já prática fundamental nas economias preocupadas com o desenvolvimento sustentável já que tem em conta a importância da preservação ambiental, a importância da redução da geração de resíduos e a saturação dos espaços disponíveis para aterros sanitários, onde Portugal não é exceção, pelo que se pode ver com os vários artigos publicados sobre esta temática. Os processos de logística inversa têm trazido retornos consideráveis para as empresas que os adotam. O reaproveitamento de materiais, a economia com embalagens retornáveis e as localizações dos armazéns, têm gerado ganhos que estimulam cada vez mais novas iniciativas e esforços para o desenvolvimento e melhoria dos processos de logística inversa.

No que respeita ao **aspecto social** da logística inversa, só dois dos artigos abordados é que o analisaram (Govindan, Azevedo, Carvalho e Cruz-Machado, 2014; Ramos, Gomes e Barbosa-Póvoa, 2014a). Labuschagne et al. citado por Ramos, et al. (2014a) categorizaram as questões de sustentabilidade social em quatro áreas principais, sendo a equidade e a segurança introduzidas na categoria dos recursos humanos, além das oportunidades de trabalho, fontes de trabalho, diversidade, discriminação, modalidades de organização, pesquisa e desenvolvimento, desenvolvimento de carreiras entre outros. No entanto, um dos aspetos sociais mais importantes associados às questões da logística inversa tem a ver com a proteção do meio ambiente. Atualmente a preservação e os cuidados com o meio ambiente são preocupações de âmbito global. As questões ambientais e de desenvolvimentos sustentáveis deixaram de ser vistos apenas como o controlo da poluição e passaram por transformações culturais e sociais, adquirindo grande importância perante a sociedade na busca da proteção e preservação do meio ambiente e tornaram-se referências para as organizações, representando o controlo ambiental integrado às suas práticas e processos produtivos. São cada vez mais as empresas que se servem da logística inversa como sendo um instrumento de gestão ambiental e assim reduzir o seu impacto na natureza e na sociedade. Portanto a logística inversa vai fazer o papel da gestão ambiental, envolvendo o planeamento, a direção e o controlo, bem como outras atividades, objetivando efeitos positivos sobre o meio ambiente, com a redução ou eliminação dos problemas e das degradações, e visando a proteção do meio ambiente das consequências da ação humana. Tal é patente nos artigos analisados em geral, revelando assim uma grande preocupação por parte dos investigadores e cientistas portugueses com as questões ambientais relacionadas com as cadeias de stocks das empresas, embora seja ainda muito reduzida e limitada.

Por último, o **aspecto legislativo** entra subliminarmente em todos os artigos analisados, já que, o governo português atribuiu a responsabilidade às empresas do tratamento dos seus produtos, desde a sua produção até ao fim da vida dos mesmos. Os artigos analisados oferecem ferramentas às empresas, visto que estas são obrigadas a tratar dos seus resíduos, para maximizar os seus serviços com custos mais reduzidos. A logística inversa apoia-se também nas políticas e na legislação ambiental vigente na União Europeia e consequentemente em Portugal.

3. CONCLUSÕES

Numa investigação mais aprofundada sobre o que tem sido pesquisado em Portugal na temática da logística inversa, pode-se verificar que ainda são poucas as áreas onde foram realizados trabalhos de investigação. Tal pode-se dever ao facto da logística inversa ser uma

área da logística que só há pouco tempo tem vindo a tomar um papel de destaque devido à crescente preocupação, por parte das empresas, da sustentabilidade empresarial associada a uma maior consciencialização dos problemas ambientais que os fluxos de resíduos de pós-consumo e pós-venda causam.

Nestes últimos anos, Portugal tem procurado desenvolver os conceitos e os processos de logística inversa, mas de uma forma ainda incipiente e com evidentes lacunas na aplicação empresarial. Em termos académicos e em linha com os desenvolvimentos internacionais, após a consolidação dos princípios gerais da cadeia de abastecimento, ultimamente, também se têm analisado tópicos da logística inversa como o desenvolvimento sustentável, a gestão do risco, ou a criação de valor na cadeia fechada. Em termos empresariais, para que os profissionais possam desenvolver estratégias eficazes em toda a cadeia de abastecimento, será ainda necessário prosseguir com trabalhos de desenvolvimento de métricas, implementação de processos, bem como continuar a diminuir o persistente distanciamento entre a academia e o mundo empresarial. Desta forma, os trabalhos de investigação em curso são relevantes para a logística inversa em Portugal e podem ter significância para as empresas portuguesas interessadas na efetiva implementação e gestão da sua cadeia de abastecimento fechada.

A realização deste trabalho permite desenvolver uma visão geral dos desenvolvimentos académicos da logística inversa em Portugal, contribui para esboçar os contornos atuais das abordagens teóricas, complementa a identificação dos principais impulsionadores económicos, sociais e legislativos, bem como promove orientações para ultrapassar barreiras à implementação da logística inversa no meio empresarial português.

REFERÊNCIAS

- [1]-Beullens, Reverse logistics in effective recovery of products from waste materials. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, December (Vol. 3, Issue 4, pp.283-306, 2004.
- [2]-Cardoso, S. Design And Planning of Closed-Loop Supply Chains dealing with Uncertainty, Financial Risk and Resilience, Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa, Portugal, 2013.
- [3]-Cardoso, S., Barbosa-Póvoa, A. e Relvas, S. Optimal Design And Planning Of Supply Chains With Integrated Forward And Reverse Flows Under Uncertainty, acedido 19, Agosto de 2014 em <http://focapo.cheme.cmu.edu/2012/proceedings/data/papers/009.pdf>.
- [4]-Dowlatshahi, S. Developing a reverse logistics theory. *Interfaces*, 30, N.º 3, pp.143-155, 2000.
- [5]-Dowlatshahi, S. A strategic framework for the design and implementation of remanufacturing operations in reverse logistics. *International Journal of Production Research*, 43, n.º 16, pp.3455-3480, 2005.
- [6]-Duarte, S. Modeling Lean and Green Supply Chain, Tese de Doutoramento, Universidade Nova de Lisboa, Portugal, 2013.
- [7]-Fleischmann, M., Bloemhof-Ruwaard, J. M., Dekker, R., Van der Laan, E., Van Nunen, J. A. E. E. e Van Wassenhove, L. N. (1997). Quantitative models for reverse logistics: a review. *European Journal of Operation Research*, 103 (1), pp.1-18, 1997.

- [8]-Govindan, K., Azevedo, S., Carvalho, H. e Cruz-Machado, V. Impact of supply chain management practices on sustainability, *Journal of Cleaner Production*, 30, pp.1-14, 2014.
- [9]-Meckenstock, J. The Wicked Problem of Sustainable Supply Chain Management, Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa, Portugal, 2014.
- [10]-Niza, S., Santos, E., Costa, I., Ribeiro, e Ferrão, (2014). Extended producer responsibility policy in Portugal: a strategy towards improving waste management performance, *Journal of Cleaner Production*, 64, pp.277-287, 2014.
- [11]-Pokharel, S. e Mutha, H. K. (2009). Perspectives in reverse logistics: A review. *Journal of Resources, Conservation and Recycling*, 53 (4), pp.175-182, 2009.
- [12]-Ramos, T., Gomes, M. e Barbosa-Póvoa, A. Tactical and Operational Planning in Reverse Logistics Systems with Multiple Depots, In XVI Congresso da Associação Portuguesa de Investigação Operacional, Bragança, Junho pp.3-5, 2013.
- [13]-Ramos, T. Tactical And Operational Planning In Reverse Logistics Systems With Multiple Depots, Tese de Doutoramento, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal, 2012.
- [14]-Ramos, T., Gomes, M. e Barbosa-Póvoa, A. Planning a sustainable reverse logistics system: Balancing costs with environmental and social concerns, *Omega*, 48, 60-74, 2014.
- [15]-Ramos, T., Gomes, M. e Barbosa-Póvoa, Economic and environmental concerns in planning recyclable waste collection systems, *Transportation Research Part E*, 62, pp.34-54, 2014.
- [16]-Salema, M. Design and Planning of Closed-Loop Supply Chains, Tese de Doutoramento, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal, 2007.
- [17]-Salema, Barbosa-Póvoa e Novais (2010). Simultaneous design and planning of supply chains with reverse flows: a generic modelling framework, *Eur. J. Oper. Research*, 203 (2): pp.336-49, 2010.
- [18]-Sarkis J. (2001). A strategic decision framework for green supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 11, pp-397-409, 2001.

ARTIGO REF: 9004

O MERCADO DA ROCHA ORNAMENTAL – EVOLUÇÃO E PERSPECTIVAS

Artur Mouta Faria^(*)

Engº de Minas, Consultor, Guimarães, Portugal

^(*)*Email:* arturmoutafaria@gmail.com

RESUMO

A observação de alguns indicadores permite constatar que a actividade da construção apresenta-se numa situação de quase saturação do mercado, envolvendo uma descida geral na construção residencial (superior a 10%), reflexo sobretudo da evolução na China, cujo peso no total da actividade é muito significativo e cujo pico de construção de 2007 a 2009 parece dificilmente poder repetir-se.

Apesar deste contexto desfavorável, da expectável redução no consumo de materiais de construção, das acrescidas dificuldades de financiamento dos investimentos e dos atrasos na realização de infra-estruturas, a indústria da pedra tem apresentado um crescimento contínuo.

Tal situação reflecte a crescente capacidade que o sector tem evidenciado, quer na diversificação dos seus produtos, quer no aumento dos índices de penetração da pedra natural nos seus mercados tradicionais.

Em termos de materiais produzidos, predominam os materiais carbonatados (mármore, travertinos e calcários) mas observa-se um peso crescente dos materiais siliciosos; os restantes materiais (essencialmente ardósias) mantêm-se em níveis secundários e parcialmente em declínio.

O crescimento da produção na Ásia tem-se vindo a acentuar, sendo actualmente responsável por mais de 60% da produção mundial, sobretudo devido ao papel determinante da China, Índia, Turquia e Irão. Os 4 maiores produtores (China, Índia, Turquia e Brasil) produziram dois terços da produção mundial, enquanto que, os primeiros 12 (países com produções superiores a 1 milhão de tons de material em bruto) concentram 85% da produção mundial.

Apesar desta concentração e no caso específico do comércio de granitos, verifica-se que este é um mercado global, com fluxos importantes de matérias-primas, sendo possível afirmar:

- Existe um consumo crescente dos materiais siliciosos, sustentado e contínuo, pelo que é de prever a manutenção dessa tendência para todas as classes de granitos (naturalmente com crescimentos menores nas variedades mais correntes);
- Dentro dos materiais siliciosos, os denominados granitos negros ainda são raros e com ofertas relativamente limitadas, pelo que os seus preços unitários se situam entre 5 a 10 vezes acima dos granitos correntes;
- As rochas escuras aparecem junto dos arquitectos e *designers* com uma aura de modernidade e singularidade, o que eleva a sua procura, sendo utilizadas principalmente em arte funerária, equipamentos de cozinha e elementos decorativos de mobiliário urbano, ou seja aplicações mais nobres e portanto mais caras.

Em termos de exploração as taxas de recuperação são relativamente baixas, devido aos métodos de desmonte utilizados, dando origem a grandes escomboreiras e algumas preocupações de carácter ambiental. Esta situação tem vindo a evoluir favoravelmente com a aplicação intensa de corte com fio diamantado, permitindo não só a produção de blocos de boas dimensões (10 a 12 m³) mas também maiores taxas de recuperação com a consequente redução dos impactos ambientais.

O arranque de novas explorações deverá ter em atenção estes aspectos, sendo de salientar:

- Quanto mais exótico (raro) é o produto, mais elevado será o seu preço, sendo os mais baratos os granitos cinzentos correntes, em seguida os avermelhados e finalmente os escuros, os que atingem valores mais elevados;
- A dimensão dos blocos pode aumentar o preço unitário de venda entre 20 a 40% - actualmente o mercado solicita blocos de grandes dimensões, são habituais blocos com 7/10 m³, havendo já a tendência para maiores dimensões – na ordem dos 12 m³.

Relevante também para o preço no consumidor final é o custo do transporte, o qual varia muito em função do local de exploração. Assim, o arranque de novas explorações deverá considerar:

- Um adequado reconhecimento geológico da pedreira, tendo em vista a opção pelos maciços mais valorizados, em termos de homogeneidade, textura e cor;
- Uma adequada planificação da exploração, de modo a obter o aproveitamento máximo das reservas;
- A opção por técnicas de extracção com altas produtividades, grande dimensão dos blocos e redução dos níveis de desperdício (preferencialmente com corte intensivo por fio diamantado).

Com base nos elementos expostos apresenta-se, em forma de resumo, as respectivas conclusões:

- Apesar de uma certa estagnação da economia global a Indústria da Pedra Natural apresenta taxas de crescimento elevadas e consistentes (superiores a 7% nos últimos 10 anos), apresentando um carácter global e à escala mundial;
- Dentro da Indústria da Pedra Natural os materiais siliciosos tem crescido de forma consistente e em particular os granitos negros têm evidenciado um crescimento sustentado, quer em termos de oferta, quer em termos de variedades;
- Os preços deste tipo de granitos apresentam grandes variações estando directamente correlacionados com a qualidade da oferta (cor, textura e dimensão dos blocos);
- A qualidade da oferta e consequente valorização do produto pode ser fortemente melhorada em função das características dos jazigos (qualidade em termos de cor e textura), do adequado planeamento (redução de custos e maior aproveitamento do jazigo) e da utilização de tecnologias modernas (taxas de recuperação mais elevadas, redução de custos e melhoria da qualidade do produto).

REFERÊNCIAS

- [1]-Montani, Carlo - XXVI Report marble and stones in the world 2015, Ed. Aldus, 123 pp.
[2]-UNO Monthly Bulletin

ÍNDICE DOS AUTORES

A

Abreu, Cesar - 693
Abreu, David Perez - 1055
Abrishambaf, Anin - 407
Afonso, Clito - 967
Afonso, João - 733
Aguiar, Carlos - 903
Agulheiro-Santos, Ana C. - 993
Alberto, Helena V. - 5
Albuquerque, Maria Teresa - 1079
Aldeia, Patrícia C. - 1095
Alex, Elvin - 1105
Almeida, A.F - 921
Almeida, Ana - 23, 749
Almeida, Arlindo - 907
Almeida, Arminda - 63, 83
Almeida, Fernando - 531, 533
Almeida, Nunes - 651
Alves, Célia - 1069
Alves, Jorge Lino - 909, 1041
Amade, Nelson - 759
Amado, António R. - 375, 377
Amado, Miguel - 375, 377, 379
Amaral, M.H. - 535
Anlaue, Omar - 1117
Anlaue, Omar A. - 1057
Anselmo, Aristides - 1053
Antão, Ana Maria - 519, 529
Antique, Samuel J. - 349
António, Carlos C. - 937, 445
Antunes, Carlos - 291
Antunes, I.M.H.R. - 1079
Antunes, Maria L. - 733
Antunes, Rosa - 919
Antunes, Vitor - 733
Aquino, Wagner F. - 545
Araújo, Francisco J. - 467
Araújo, Helder - 1059
Arede, António - 1093
Askarhodjaev, Akil - 313
Assane, Yasser - 441
Asseiceiro, Francisco - 147

Averu, Alima C. - 969
Ávila, Paula F. - 1069
Azevedo, Eugénio - 317
Azevedo, José P.S. - 235
Azevedo, Leonardo - 1013, 1017

B

Bahia, Ricardo - 341
Bainha, Anísio - 109, 147
Baloi, Daniel - 189
Baptista, Diogo - 921
Baptista, F.J. - 803
Barbarosie, Cristian - 935
Barros, Christian - 1041
Bastos Silva, Ana - 87, 89, 93
Batista, Fátima - 287
Beato, Cláudia S.M. - 1081
Belino, Nuno J.R. - 765, 767
Benta, Agostinho - 669
Bernardes, Daniel L. - 25
Bernardo, Eulário R. - 953
Bidarra, Andreia - 267
Biehl, Luciano V. - 969
Bila, Adolfo D. - 997
Bina, Baptista - 237
Borrego, Carlos - 1077
Branco, Fábio - 31
Brasil, Reyolando M. - 185, 187
Braz, Maria da Glória - 25, 249
Brito, Romualdo R.J. - 501, 295, 355

C

Cabanas, Fernanda - 1135
Cabral, Jorge - 1039
Cabral, Pedro - 441
Cadir, Roxan - 19
Cadir, Roxan A. - 1053
Caldeira, Marco T.C. - 25
Campos, Jamal A. - 1117
Candeias, Carla - 1069
Cândido, Mendes C. - 355
Capacci, Enrico L.C - 463

Capecci, Enrico L.C - 465
Capitão, Silvino - 665, 695, 705
Carimo, Lara V. - 257
Carolino, Alexandra - 519
Carvalho, Adelaide - 11
Carvalho, Ezequiel F. - 271
Carvalho, Jorge - 577
Carvalho, Roberto C. - 367
Castellanos, Santiago - 1041
Castelo Branco, David - 1023
Castro, Catarina F. - 53, 385, 771
Castro, João P.M. - 903
Castro, Olga S. - 991
Caxeiro, Cirilo - 1011
Cavaleiro, Victor P. - 595
Cavallaro, Francisco A. - 545
Caxaria, Carlos - 1007
Cerejeira, José - 645, 647, 649, 651, 653, 657, 659
Cerqueira, Angela - 1065
Chachaia, Fernando H. - 829
Chapala, Nelson M. - 887
Chaves, Charles P. - 351
Chay, carlino T. - 289
Coelho Ferreira, P.J. - 565
Coelho, Ana Luisa - 441
Coelho, Pedro J. - 833
Coelho, Tiago - 109
Coelho, Vitor - 1037
Consolo, José G.S. - 763
Cordeiro, Luis - 1119
Cordeiro, M. Natália D.S. - 801
Cordeiro, Renata G. - 1071, 1123
Corrêa, João M.M.C. - 545
Correia, António - 573, 539
Correia, João Santos - 667
Costa, C.S. - 535
Costa, Carlos B. - 33
Costa, Cristiano S. - 1065, 537
Costa, Daniel - 1023
Costa, David M.D. - 25

- Costa, José Manuel - 867
 Costa, Luis - 833
 Costa, Luis C. - 881
 Costa, Patricia O. - 449
 Costa, Talita C. - 601, 615
 Couto, António - 703
 Cristovão, António - 349
 Cristóvão, António - 641, 643
 Cruz, António Mauricio - 561
 Cruz, Vasco F. - 287
 Cuhnen, Nivaldo C. - 901
 Cumbane, Berta L. - 865, 971
 Cumbane, Carlos R. - 631, 633
 Cumbe, F. - 885
 Curado, Marília - 1061
- D**
 Danko, Anthony - 1023
 David, Nuno - 23, 749
 Deon, Kaio C.A. - 601, 615
 Dias, Cristina - 891, 1145, 1153
 Dias, Marta A.C.F. - 277
 Dimande, Américo - 391, 213, 215, 409
 Dinis, Fernando M.L. - 1095
 Diogo, José F.R. - 701
 Diogo, Miguel T. - 97, 1001, 1003, 1005
 Domingues, Joaquim S. - 991
 Duarte, Francisco - 663
 Duarte, Isabel M.R. - 549, 555
 Duque, Maria Rosa A. - 853, 857
- E**
 Eduard, Maria - 371
 Egas, Andrade - 997
 Elias, Miguel - 987
 Elias, Miguel P. - 985
 Elorza, Pilar B. - 993
 Erthal Jr., Milton - 869
 Estanqueiro, Ana I. - 287
- F**
 Fajardo, Poliana Arruda - 737
 Falcão e Cunha, João - 3, 275
 Faquirá, Naguy - 701
- Faria, Artur Mouta - 1163
 Faria, Guilherme M. - 25
 Fartaria, Catarina - 575
 Fernandes, Eduardo O. - 445
 Fernandes, João - 1055
 Fernandes, Manuel M. - 577
 Fernandes, Maria José - 985
 Fernando, Ana Luísa - 865
 Ferreira Gomes, L.M. - 565
 Ferreira, Adelino - 663
 Ferreira, Armando H. - 991
 Ferreira, Eduarda P. - 291
 Ferreira, Filipa - 919, 923
 Ferreira, Filipa M.S. - 233
 Ferreira, Guilherme M. - 385
 Ferreira, Isaac - 1041
 Ferreira, Joana - 1077
 Ferreira, Sara - 703
 Figueiredo, José - 7
 Filimone, Henrique - 213, 215, 409
 Filipe, Vilar - 655
 Fitas da Cruz, V. - 803
 Fiuzza, António - 1019, 1023
 Fonseca, Diana - 833
 Fonseca, Jaime - 1037
 Fonseca, José M. - 191
 Fonseca, José P.L. - 351
 Fonseca, Paulo - 733
 Fortes, A. - 535
 Fortes, Edson C. - 1057
 Fortes, Sarah - 665
 França, Fagner A.N. - 351
 Fraqueza, Maria João - 985
 Freire, Ana C. - 733
 Freire, F.N. - 921
 Freitas, João C. - 375, 377
 Freixa, Flávia - 909
 Furtado, André - 1093
 Furtado, David - 881
- G**
 Gama, Carla - 1077
 Gardete, Dinis - 705, 715
 Garrido, Catarina - 193
 Gennari Jr., Walter - 1043
 Germano, Ricardo - 751
- Ginja, Silva P. - 551
 Give, Albertina - 65
 Godinho, Luis H. - 921
 Gois, Joaquim - 255, 97, 1001, 1003, 1005, 1019, 1023
 Gomes, Ana - 985
 Gomes, António T. - 341
 Gomes, Celso - 531, 533, 571
 Gomes, Fernando V. - 261, 263
 Gomes, Guida - 405
 Gomes, Jorge - 531, 533, 571
 Gomes, Luis - 733
 Gomes, Luis M.F. - 1081, 1095
 Gomes, Tiago - 1039
 Gonçalves, Alexandre - 65
 Gonçalves, Ana - 227
 Gonçalves, Luisa - 225
 Goulão, Miguel - 547, 559
 Gouveia, Luis B. - 37
 Graça, Manuel P. - 921
 Graça, Manuel P.F. - 1121
 Gual, Maritza R. - 883
 Guerra, Vitor M.O.B. - 1113
 Guerreiro, Luis - 1013
 Guila, Dercio - 885
 Guilherme, Edilson R. - 561
 Guimarães, Mateus A.R. - 1067
 Gussule, M.G.M. - 803
- H**
 Henriques, Helena A.M. - 771
 Hipólito, António - 109
 Hora, Henrique R.M. - 869, 1071, 1123
- I**
 Igreja, Carlos - 97
 Isidoro, Jorge M. - 933
 Issufo, Izel Jacinto - 567
 Issufo, Vali - 19
- J**
 Jandrell, Ian - 829
 José, David Selemene - 501, 295, 355, 511
- K**
 Kaidussis, Francisco R.N. - 349

Kaidussis, Ricardo N. - 223
 Kovalenko, Tatiana - 19
 Kuleshova, Tatiana - 313

L

Lacoba, Sérgio Rubio - 891, 1153
 Laginha, Teresa - 1001, 1003, 1005
 Laisse, Carlos N. - 919, 923
 Langa, Filda - 409
 Lanzinha, João C.G. - 421, 423
 Laranjo, Mafalda L. - 577
 Laranjo, Marta - 985, 987
 Leitão, Paulo - 365
 Leite, Alexandre - 1001, 1003, 1005
 Leite, Mário R.M. - 315
 Lemba, Isata T. - 277
 Lipener, Patricia A. - 185
 Loiola, Alberto - 759
 Lopes, Luis - 541, 547, 559
 Lopes, Myrian - 1077
 Lopes, Nara R. - 555
 Lopes, Paulo Afonso - 13
 Lopez, Paul - 1041
 Loureiro, José - 877, 879
 Lourenço, Ivan - 1045
 Luzia, Rosa - 715

M

Mabunda, Rafael - 391
 Mabunda, Vanessa S. - 747
 Macário, Rosário - 723
 Macedo, Joaquim - 405
 Macuvele, Domingos L. - 901
 Magaia, Emilio J. - 971
 Magaia, Silva J. - 59, 699
 Maia de Carvalho, P.E. - 565
 Maia, Rodrigo - 259
 Malate, Juvência Y. - 903
 Mamade, Assima - 289
 Manhiça, Ruben - 19
 Maparagem, Albano S. - 319
 Maranhão, Flavio L. - 463
 Maranhão, Flávio L. - 465
 Maria, Magnésia A.F. - 561
 Marinheiro, João - 881

Marques, Célia - 559
 Marques, Hugo - 1119
 Marques, J. Alfeu - 267
 Marques, João M. - 557
 Marrengula, Fernando A. - 1067
 Marrenjo, Hélder Zacarias - 313
 Marta, José S. - 919
 Martinho, Fernando - 695, 291
 Martins, A. Gomes - 1055
 Martins, Ana Maria T. - 421, 423
 Martins, Benvindo A. - 1011
 Martins, Frederico - 751
 Martins, Geraldo J.M. - 901
 Martins, João - 645, 649, 659
 Martins, Miguel Menezes - 13
 Martins, Ruben V. - 541
 Mascarenhas, Flávio C.B. - 235
 Massingue, Tomas S. - 1143
 Mata, Ana M.T. - 265
 Matavel, Filipe R. - 371
 Mateus, Winnie Q. - 551
 Matos, António S. - 89, 93, 97, 727, 729, 731, 1143
 Matos, José S. - 233, 919, 923
 Matsinbe, Belzénia A.B. - 725
 Matsinhe, Jonas V. - 901
 Mbatsana, Tenório - 193
 Medeiros, Jorge B. - 969
 Medeiros, Pedro - 13
 Mendes, José A. - 1037
 Mendes, Michael - 219, 221
 Mendonça, Tiago - 217, 91, 95
 Menningen, Johanna - 541
 Mesquita, Amir Z. - 35, 883
 Miranda, Ana Isabel - 1077
 Moiambo, Osvaldo J. - 233
 Monteiro, Alexandra - 1077
 Monteiro, António - 919, 923, 751
 Monteiro, Edmundo - 1055, 1119, 1061
 Monteiro, João - 1037
 Monteiro, Joaquim F. - 991
 Monteiro, Mafalda - 217, 91
 Moraes, André L. - 187

Morais, Alline S.C. - 1071
 Moreira, Rubens M. - 35
 Moreira, Waldir - 1109
 Moura, António M. - 31
 Moura, Juliana S.G. - 25
 Muaievela, Nordino M. - 235
 Muamade, Suneila B. - 1057
 Munguambe, Paiva - 995
 Mussa, Munir S. - 1071, 1123
 Mutemeri, Nellia - 295

N

Nascimento, Edgar - 441
 Natha, Miguel - 759
 Navarro, António - 1115
 Neves, Alexandra - 441
 Neves, José - 405, 733
 Nhambiu, Jorge - 885
 Nhumaio, Fulgêncio - 213, 215, 409
 Nhumaio, G. - 885
 Nicolau, José C. - 1021
 Nogueira, Pedro - 369, 553
 Nsungani, Pedro C. - 555
 Nunes, Ana - 923
 Nunes, Filipe S. - 595
 Nunes, Harlen - 367
 Nunes, Ruben - 1013, 1017
 Nunes, Sandra - 407

O

Oliveira, Daniel P.S. - 315
 Oliveira, Emanuel S.S. - 561
 Oliveira, José - 231
 Oliveira, Mónica D. - 33
 Oliveira, Nuno P. - 1079
 Oliveira, Pedro - 147
 Oliveira, Rosa - 385, 445
 Oliveira, Sérgio - 935
 Olumene, Luis R.S. - 1137
 Oscar, Luis H.C. - 425
 Oscar, Paulo - 919
 Óscar, Paulo - 923

P

Pais, Jorge - 61
 Pais, Luis A. - 569, 595

Palalane, Jaime - 257, 269
 Paschoalato, Cristina F.P.R. - 1067
 Pascoal, Francisco M. - 561
 Paul, Rosh - 765
 Paul, Roshan - 767
 Paulista, Cássio R. - 869
 Pave, Rogério F. - 1105
 Pedro, António M.G. - 567
 Pedrosa, Ema - 63
 Perdigoto, Luis - 1059
 Pereira, Ângela - 1013
 Pereira, Diego A. - 601, 615
 Pereira, Paulo - 61, 733
 Peres, Marta - 547
 Pérez, Osmundo - 1141, 1143
 Pernão, José - 645, 647, 649, 651, 653, 655, 657, 659
 Peroni, Rodrigo Lemos - 485
 Perreira, Beloward - 1045
 Picado Santos, Luis - 665, 667, 669, 685, 693, 695, 705, 733
 Pimentel, Mário - 407
 Pina, António L. - 1069
 Pinheiro, Cláudia I.S. - 767
 Pinho, António B. - 549, 555
 Pinto Faria, J. - 85
 Pinto, Alexandre - 223, 575, 641, 643
 Pinto, Alexandre da Luz - 567
 Pinto, Celma C. - 555
 Pinto, Cláudio J. - 349
 Pinto, Maria Isabel M. - 63, 83
 Pio, Casimiro - 1069
 Pires, Ana C.P. - 1081
 Pires, João J.O. - 1111
 Pires, Pinho F.P. - 295
 Pita, Xavier - 575
 Ponce de Leão, Teresa - 315
 Pondja, Estevão A.J. - 901
 Potes, José M. - 989
 Potes, Maria Eduarda - 985, 987
 Prego, Miguel F. - 191
 Preguiça, Nuno - 13
 Proença, Francisco - 881
 Puga, Hélder - 231
 Purón, Arturo L.R. - 543

Q

Quadrado, José C. - 291
 Qualharini, Eduardo L. - 449

R

Racia, Ismael Momade - 485
 Ramalhete, Inês - 375, 377
 Ramos, Ana F. - 219, 221
 Ramos, Carlos - 291
 Rangel, Bárbara - 909
 Raposo, Nuno - 341
 Rebelo, Emília Malcata - 381
 Reinke, Gustavo - 1043
 Reis de Barros, J. - 599
 Reis, Elisabeth - 905
 Relvas, Helder - 1077
 Remane, Ivan - 997
 Rezende, Hugo C. - 883
 Rhongo, Domingos L. - 23, 749
 Ribeiro, José Alves - 891, 1145, 1153
 Ribeiro, Vitor B. - 1123
 Ricardo, Amanda - 541
 Riella, Humberto G. - 901
 Riker, André - 1061
 Robaina, Margariada M. - 277
 Roberto, Micaela - 759
 Rocha, Augusto Barata - 255
 Rocha, F. - 535
 Rocha, F. Tavares - 1065, 537
 Rocha, Fernando - 1069
 Rocha, Renan H. - 1067
 Rodrigues, Hugo - 1093
 Rodrigues, João P.C. - 443
 Rodriguez, Jonathan - 1119
 Rodríguez, José C.C. - 1143
 Rodrugues, Fabiel G. - 421, 423
 Roebeling, Peter - 1077
 Rosa, Diego J.Q. - 249
 Rossetti, Rosaldo J.F. - 697
 Rupias, O. - 537

S

Sabiti, Awado S. - 683
 Sacramento, Ataíde - 1021
 Salimo, Gabriel I. - 37

Salvador, Nemésio N.B. - 237, 737
 Sampaio, Ana - 905
 Sampaio, Carlos Hoffmann - 501, 511
 Samuel, Agnaldo H. - 1053
 Santiago, Alexandre - 1115
 Santos, Cristina C. - 443
 Santos, D. - 535
 Santos, David M.D. - 933
 Santos, Diomar - 291
 Santos, Edgar T. - 833
 Santos, Hugo - 385, 445
 Santos, Luis de Picado - 57
 Santos, Madalena C. - 543
 Santos, Roberta A. - 869
 Santos, Tiago - 881
 Sapage, Tomás - 31
 Saramago, João - 905
 Seabra, Eurico - 231
 Secca, Mário F. - 769
 Seco, Alvaro - 87, 89, 93
 Siegesmund, Siegfried - 541
 Silva Filho, José E. - 249
 Silva, Ana - 751
 Silva, Ana Amorim - 379
 Silva, Ana R.Q. - 1121
 Silva, André V.T. - 765
 Silva, Bruno - 225
 Silva, Cleber C. - 1121
 Silva, Duano L. - 1111
 Silva, Eduardo F. - 1069
 Silva, Estevão - 1037
 Silva, Fernando M. - 747, 683, 363
 Silva, Francisco C. - 545
 Silva, Hugo - 733
 Silva, João B. - 531, 533, 571
 Silva, João Borges - 1037
 Silva, João P. - 225
 Silva, Jorge B. - 65
 Silva, Luis - 669
 Silva, Maiame R. - 449
 Silva, Mariana S. - 1067
 Silva, Mariane R. - 425
 Silva, Orlando - 369
 Silva, Sabrina P.A. - 883
 Silveira, Carlos - 1077

Silveira, Paulo - 109, 147
Simão, Helena M.M. - 267
Simões, Nuno E.C. - 267
Simões, Paulo - 1119
Sine, Aurélio - 407, 409
Sixpence, Elton - 9, 363
Soares Ferreira, A. - 991, 291
Soares, Amílcar - 1013, 1017
Soares, Victor C. - 287
Sousa Oliveira, A. - 565
Sousa, Bruno - 1119
Sousa, Luis - 541
Sousa, Luisa C. - 771
Sousa, Miguel - 715
Sousa, Olinda - 919, 923
Sousa, Wilson - 995

T

Talaia, Mário - 777, 787, 805, 813
Tavares, Adriano - 1037

Tavares, José P. - 697, 703
Tchitanda, Cipriano P. - 561
Teixeira, António - 1135
Teixeira, Bernardo A.N. - 737
Teixeira, João P. - 1069
Teixeira, Paulo J. - 291
Terroso, D. - 535, 537
Thurler, João - 833
Toader, Anca Maria - 935
Tomásio, Rui - 567, 223, 575, 349, 641, 643, 655
Tonello, Paulo S. - 545
Tribolet, José - 9
Tsamba, Alberto J. - 289
Tuendue, Acácio - 701

U, V

Uamusse, Miguel M. - 901
Valentim, Laurentina M. - 383
Varadinov, Maria José - 891, 1145, 1153

Varum, Humberto - 1093
Vasconcelos, Aline P.V. - 1123
Vasconcelos, André - 9
Velasquez, Karima - 1055
Velosa, Ana - 481
Véstia, Joana - 987
Vicente, Henrique - 405
Viegas, José - 569
Vieira, Ana - 33
Vieira, Ricardo A.C. - 685
Vieira, Romeu - 519
Vilanculos, Agostinho C. - 971
Vilanculos, Candido F. - 631
Vilarinho, Cristina - 697
Villafruela, Gilberto - 1143

W, X, Z

Wachilala, Piedade M. - 243
Wetela, Elias V. - 443
Ziani, Gonçalves - 37
Zucula, Gizela R. - 117