

NEUTRO À TERRA

Revista Técnico-Científica | Nº10 | Dezembro de 2012

<http://www.neutroaterra.blogspot.com>

Mantendo o compromisso que temos convosco, voltamos à vossa presença com mais uma publicação. Esta já é a décima publicação da revista “Neutro à Terra”, mas os incentivos que recebemos não deixam esmorecer a nossa motivação para continuar a intervir nesta área da Engenharia Eletrotécnica. Nesta edição da revista merecem particular destaque os temas relacionados com as instalações elétricas, as máquinas elétricas, a eficiência energética e as energias renováveis.

Professor Doutor José Bezeza Carvalho



Instalações Eléctricas
Pág.7



Máquinas Eléctricas
Pág. 25



Telecomunicações
Pág. 33



Segurança
Pág. 39



Energias Renováveis
Pág. 45



Eficiência Energética
Pág.51



Domótica
Pág. 61

Índice

03| Editorial

07| Instalações Elétricas

Campos Elétrico e Magnético em Linhas de Transmissão de Energia
Rui Manuel de Morais Sarmento

Unidades Ininterruptas de Alimentação (UPS). O que escolher?
José Caçote
Paulo Diniz

25| Máquinas Elétricas

Aplicação de Motores Síncronos de Ímanes Permanentes e Motores de Indução em Veículos Elétricos: Comparação e Perspetivas de Evolução
Pedro Miguel Azevedo Sousa Melo

33| Infraestruturas de Telecomunicações. Grandes Projetos.

Sérgio Filipe Carvalho Ramos
Hélder Nelson Moreira Martins

39| Segurança

A Segurança Contra Incêndio em Edifícios (SCIE) e o Projeto de Instalações Elétricas
João Emílio Almeida

45| Energias Renováveis

Estruturas de Fixação de Aerogeradores. Instalações Offshore.
Roque Filipe Mesquita Brandão

51| Eficiência Energética

Mercados de Energia Elétrica. Estratégias de Comercialização de Potência em Mercado Liberalizado.
José António Beleza Carvalho
Jorge Manuel Botelho Moreira

61| Domótica

Como abordar uma instalação de domótica KNX para uma moradia?
Sérgio Cunha de Freitas Queirós

65| Autores

FICHA TÉCNICA

DIRETOR:	Doutor José António Beleza Carvalho
SUBDIRETORES:	Eng.º António Augusto Araújo Gomes Doutor Roque Filipe Mesquita Brandão Eng.º Sérgio Filipe Carvalho Ramos
PROPRIEDADE:	Área de Máquinas e Instalações Elétricas Departamento de Engenharia Electrotécnica Instituto Superior de Engenharia do Porto
CONTACTOS:	jbc@isep.ipp.pt ; aag@isep.ipp.pt
PUBLICAÇÃO SEMESTRAL:	ISSN: 1647-5496

Estimados leitores

Mantendo o compromisso que temos convosco, voltamos à vossa presença com mais uma publicação. Esta já é a décima publicação da revista “Neutro à Terra”, mas os incentivos que recebemos não deixam esmorecer a nossa motivação para continuar a intervir nesta área da Engenharia Eletrotécnica. Nesta edição da revista merecem particular destaque os temas relacionados com as instalações elétricas, as máquinas elétricas, a eficiência energética e as energias renováveis.

As linhas aéreas de transmissão de energia criam campos elétricos e magnéticos cujos valores podem por em causa a segurança e a saúde do público geral ou da população sujeita a exposições frequentes ou permanentes. O conhecimento dos valores dos campos a alturas próximas do solo na faixa de segurança é fundamental para definir restrições e níveis de exposição da população a campos eletromagnéticos. Nesta edição, apresenta-se um artigo de elevado nível científico, que apresenta um programa desenvolvido pelo autor para cálculo dos campos elétrico e magnético criados pelas linhas de transmissão. Os resultados obtidos permitem a obtenção de conclusões muito interessantes sobre a questão da segurança e saúde das pessoas sujeitas a exposições destes campos.

Os veículos elétricos têm-se apresentado como uma resposta da nossa sociedade aos impactos ambientais e económicos dos combustíveis fósseis. Nas últimas décadas tem-se assistido a um forte desenvolvimento dos veículos elétricos, sobretudo das soluções híbridas. Os desafios que se colocam no campo da engenharia são múltiplos e exigentes, motivados pela necessidade de integrar diversas áreas, tais como, novos materiais e concepções de motores elétricos, eletrónica de potência, sistemas de controlo e sistemas de armazenamento de energia. Nesta revista apresenta-se um artigo que faz uma análise comparativa na utilização de motores síncronos de ímanes permanentes ou motores de indução, num espectro alargado de velocidades de funcionamento, dando especial destaque aos respetivos desempenhos energéticos.

Os projetistas de instalações elétricas foram os primeiros técnicos a assumirem a problemática das medidas de segurança contra incêndios em edifícios. Na realidade, foi no projeto de instalações elétricas que recaíram muitas vezes as preocupações de segurança contra incêndio. Nesta edição da revista apresentam-se alguns aspetos a considerar no projeto de instalações elétricas relacionados com a Segurança Contra Incêndios em Edifícios e a legislação atualmente em vigor. São abordados, entre outros, alguns cuidados a ter em relação alimentação elétrica, fontes locais e centrais de energia de emergência, quadros elétricos, ascensores, iluminação de segurança, deteção de incêndio, deteção de gases tóxicos e matriz de segurança.

Os consumidores de energia elétrica possuem atualmente uma limitação no que toca a contratação do valor máximo de potência pretendida para uma instalação de utilização. Depois do cliente escolher um dos escalões de potência contratada, deverá pagar o seu respetivo preço mensalmente, mesmo que raramente utilize um valor de potência próximo do escalão que contratou. Este custo representa, em média, 20% do valor total da fatura elétrica. Neste âmbito, as empresas comercializadoras podem fazer-se distinguir entre si, permitindo aos seus clientes alterar o valor de potência contratada de acordo com as suas necessidades. Nesta edição da revista, apresenta-se um artigo que propõe uma nova metodologia de comercialização de potência e de energia, com base na inserção de tarifas de dinâmicas que, para cada hora de consumo, são atualizadas de acordo com o preço de mercado. Este método, já utilizado em alguns países pelos comercializadores de energia, assenta fundamentalmente na existência de contadores de energia inteligentes, que informam o cliente do custo da energia que está consumir.

Nesta edição da revista “Neutro à Terra” pode-se ainda encontrar outros assuntos reconhecidamente importantes e atuais, como um artigo sobre grandes projetos de infraestruturas de telecomunicações, um artigo sobre estruturas de fixação de aerogeradores em instalações *offshore*, e um artigo sobre uma instalação de domótica numa moradia utilizando a tecnologia KNX.

No âmbito do tema “Divulgação”, que pretende divulgar os laboratórios do Departamento de Engenharia Eletrotécnica, onde são realizados alguns dos trabalhos correspondentes a artigos publicados nesta revista, apresenta-se os Laboratórios de Informática Aplicada aos Sistemas Elétricos de Energia.

Nesta publicação dá-se também destaque à quarta edição das Jornadas Eletrotécnicas de Máquinas e Instalações Elétricas, que decorreram nos dias 5 e 6 de Dezembro de 2012 no Centro de Congressos do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP). Este evento, que contou com um muito elevado número de participantes, teve a colaboração de diversas entidades, instituições e empresas ligadas ao sector eletrotécnico. O evento foi organizado por docentes do Departamento de Engenharia Eletrotécnica do ISEP ligados às áreas das Máquinas e Instalações Elétricas, contribuindo uma vez mais para transmitir para o exterior da escola uma imagem muito forte sobre a qualidade do trabalho que é desenvolvido no Departamento nesta área da Engenharia Eletrotécnica.

Desejando novamente que esta edição da revista “Neutro à Terra” satisfaça as expectativas dos nossos leitores, apresento os meus cordiais cumprimentos.

Porto, Dezembro de 2012

José António Beleza Carvalho



JORNADAS ELETROTÉCNICAS

MÁQUINAS E INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

05/06 DEZEMBRO 2012 - CENTRO DE CONGRESSOS DO ISEP



O Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto tem uma forte tradição e um grande prestígio, na formação de engenheiros eletrotécnicos que se destinam, essencialmente, às empresas que atuam nos setores de produção, transporte e distribuição da energia elétrica, aos fabricantes de máquinas e material elétrico, bem como às pequenas e médias empresas industriais e de serviços. Os seus diplomados exercem normalmente, cargos de responsabilidade ao nível da manutenção em unidades industriais, de projeto, execução e exploração de instalações elétricas, no desempenho de funções técnicos-comerciais, no ensino, etc.



Estando cientes da importância da atualização de conhecimentos e sabendo que na área da engenharia eletrotécnica, assim como em outras áreas da engenharia, se assiste a uma rápida e enorme evolução científico-tecnológica, a realização das Jornadas Eletrotécnicas tem como principal objetivo a promoção, divulgação e discussão de temas relevantes relacionados com as Máquinas e Instalações Elétricas, devidamente enquadrados com a problemática atual das energias renováveis, a gestão e eficiência energética e os veículos elétricos, passando pelos sistemas de segurança, domótica, sistemas de iluminação e infraestruturas de telecomunicações. Esta divulgação e partilha envolveu as comunidade ligadas ao ensino, investigação, profissionais e empresários do setor eletrotécnico, através da apresentação de comunicações e exposição de equipamentos.



A sessão de abertura das Jornadas esteve a cargo do Professor José Carlos Barros Oliveira, Vice-Presidente do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Professor Doutor José António Belezinha Carvalho, Diretor do Departamento de Engenharia Electrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto, Eng.º José Manuel Freitas, Ordem dos Engenheiros e Eng.º Técnico António Augusto Sequeira Correia, Ordem dos Engenheiros Técnicos.

O evento contou com a apresentação de comunicações das empresas REpower Portugal, EDP Inovação, Wegeuro, Sew – Eurodrive, EMEF, Televés, EDP Comercial, Iberdrola Generación Portugal, Siemens, Microprocessador, TEV2, Efacec, EDF, Energia, Layout, Vianas, Exporlux, Infocontrol, OHM-E e Schneider Electric Portugal. Decorreram ainda apresentações do ISEP, ANACOM, ERSE, Autoridade Nacional da Proteção Civil – CDOS de Leiria, Centro Português de Iluminação e do Centro de Investigação INESC TEC. Destaca-se o elevado nível das comunicações apresentadas o que permitiu momentos de questões e respostas muito interessantes e esclarecedoras.

Além disso, os participantes e convidados tiveram oportunidade, durante os dois dias nos intervalos para os *coffee-breaks*, de visitar a exposição que contou com a representação de várias empresas, com exposição e apresentação de diversificados materiais, equipamentos e sistemas.

Por conseguinte, as Jornadas, atingiram na plenitude o seu principal objetivo, de intercâmbio de ideias e soluções tecnológicas avançadas e inovadoras entre os vários intervenientes, empresas, entidades e instituições de ensino/investigação.

Toda a informação relacionada com o evento está disponível no endereço:

www.dee.isep.ipp/jornadas2012



Campos Elétrico e Magnético em Linhas de Transmissão de Energia

Resumo

Este artigo apresenta uma nova abordagem para o cálculo de campos elétricos e magnéticos de linhas aéreas de transmissão, ao utilizar "O método de simulação da carga ..." [1]. Neste caso, a análise do potencial elétrico no tempo, o cálculo das cargas instantâneas, e a utilização de correntes instantâneas, permitem obter os valores instantâneos dos campos. Os resultados obtidos pelo programa de computador para calcular os perfis do campo elétrico e do campo magnético ao nível do solo da linha aérea de transmissão Batalha - Pego 400 kV são comparados com as medições efetuadas nessa linha [2]. Podemos concluir que a simulação no tempo é mais precisa e dá valores consistentes com a realidade. O programa de cálculo desenvolvido pode ser utilizado com todas as possíveis configurações das linhas de transmissão. A aplicação do programa noutras linhas aéreas de transmissão permite a obtenção de conclusões interessantes sobre a questão da segurança e da saúde das pessoas. As simulações sugerem bons resultados sendo confirmados através das medições efetuadas noutras linhas de energia [2] [3].

Palavras-chave

Linha Aérea de Transmissão de Energia, Campo Elétrico, Campo Magnético, Método de Simulação da Carga, Valores Instantâneos, Limites de Exposição, Zona de Segurança.

1. Introdução

As Linhas Aéreas de Transmissão (LAT) criam campos elétricos e magnéticos cujos valores podem por em causa a segurança e a saúde do público geral ou população sujeita a exposições frequentes ou permanentes.

A determinação dos valores previsíveis dos campos a alturas próximas do solo ($\approx 1\text{m}$) na faixa de segurança e até alguns metros para lá é fundamental para definir restrições e níveis de exposição da população a campos eletromagnéticos.

A metodologia utilizada neste trabalho para cálculo do campo elétrico em LAT baseia-se no Método de Simulação de Cargas [1]. Com a particularidade de os campos serem calculados no tempo, devido à atual capacidade de cálculo dos programas computacionais, obtêm-se valores teóricos mais consentâneos com a realidade.

As medições utilizadas [2] e [4] para comparação com os valores calculados fazem parte do estudo da LAT Batalha – Pego, 400 kV (perfil 10) e da LAT RM/PR – Batalha2 (perfil 3).

2. Campo Elétrico

O Método de Simulação de Cargas [1] consiste na substituição da distribuição real de cargas elétricas na superfície do condutor, a um determinado potencial, por n linhas de cargas fictícias colocadas no interior do condutor.

A simplicidade geométrica dos condutores de uma LAT permite considerar uma única linha de carga, cuja dimensão equivalente é dada pelo raio médio geométrico do condutor ou da fase se constituída por vários condutores, o que simplifica os cálculos.

O cálculo dos campos elétricos efetua-se a partir do conhecimento das cargas elétricas em cada uma das fases da linha e nos cabos de guarda.

O solo é assumido como um condutor perfeito, o tempo para que as cargas se redistribuam na sua superfície é extremamente pequeno ($0,1$ a 100ns) e é menor que o tempo de relaxação ($\tau = \rho \epsilon$), comparado com a frequência do sistema de energia.

Os valores das cargas instantâneas, matriz [q], são obtidos a partir do potencial instantâneo nos condutores, matriz [v], e pelo coeficiente do potencial de Maxwell, matriz [P], na solução da equação:

$$[q] = [P]^{-1} [v] \quad (1)$$

É utilizado o modelo bidimensional para o cálculo do perfil de variação do campo, no plano vertical perpendicular à direção da LAT. Este modelo, relativamente simples, é de rigor adequado.

Para LAT cujos condutores são paralelos (i, j, ...) sobre um solo perfeitamente plano, os elementos da matriz [P] são dados pelas equações;

$$P_{ii} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln\left(\frac{2y_i}{r_i^*}\right) \quad (2)$$

$$P_{ij} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \ln\left[\frac{(x_i - x_j)^2 + (y_i + y_j)^2}{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}\right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

Onde; y_i é a distância do condutor ao solo, x_i é a posição horizontal do condutor em relação ao eixo da LAT e r_i^* o raio médio geométrico do condutor, para os condutores (i, j, ...).

Para as fases com feixe de condutores o raio médio geométrico é dado por [5],

$$r_i^* = \sqrt[m]{m r_{mg} R^{m-1}} \quad (4)$$

$$R = \frac{d}{2 \sin(\pi/m)} \quad (5)$$

Onde; m é o número de condutores do feixe, r_{mg} é o raio médio geométrico de cada condutor e d a distância entre condutores adjacentes.

Resolvida a equação (1) e determinada a carga nas fases e cabos de guarda, pode-se calcular o campo elétrico instantâneo devido a cada condutor no ponto N de coordenadas (x_N , y_N) no espaço, onde o campo elétrico devido a carga no condutor i, e à sua imagem no solo é:

$$\vec{E}_i = E_{x,i} \vec{u}_x + E_{y,i} \vec{u}_y \quad (6)$$

\vec{u}_x e \vec{u}_y são os vetores unitários horizontal e vertical e as componentes respectivas de (7) (8) são dados por;

$$E_{x,i} = \frac{q_i (x_N - x_i)}{2\pi\epsilon_0 [(x_N - x_i)^2 + (y_N - y_i)^2]} - \frac{q_i (x_N - x_i)}{2\pi\epsilon_0 [(x_N - x_i)^2 + (y_N + y_i)^2]} \quad (7)$$

$$E_{y,i} = \frac{q_i (y_N - y_i)}{2\pi\epsilon_0 [(x_N - x_i)^2 + (y_N - y_i)^2]} - \frac{q_i (y_N + y_i)}{2\pi\epsilon_0 [(x_N - x_i)^2 + (y_N + y_i)^2]} \quad (8)$$

As componentes horizontal (9) e vertical (10) do campo elétrico, são calculadas pelo somatório das contribuições de todos os condutores (i, j, ...).

Sendo que cada uma dessas componentes é um vetor alternado sinusoidal,

$$E_{x,N} = \sum_i E_{x,i} \quad (9)$$

$$E_{y,N} = \sum_i E_{y,i} \quad (10)$$

o módulo instantâneo do campo é definido por:

$$E_N = \sqrt{E_{x,N}^2 + E_{y,N}^2} \quad (11)$$

O campo é girante, descrevendo uma trajetória pulsante elíptica no plano transversal (xy).

É possível calcular os valores máximos instantâneos, tanto do vetor campo, como das suas componentes no plano, assim como os respetivos valores eficazes.

3. Campo Magnético

O cálculo do perfil do campo magnético também é efetuado para o plano vertical e perpendicular à linha, as correntes instantâneas têm a direção do eixo z. O campo magnético instantâneo no ponto N é dado pela sobreposição vetorial dos campos criados pelas correntes nos condutores de fase (12).

$$\vec{B}_N = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i \frac{\vec{i}_i \times \vec{r}_{iN}}{r_{iN}^2} = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i \frac{i_i}{r_{iN}} \vec{\phi}_{iN} \quad (12)$$

\vec{r}_{iN} é o vetor de posição do ponto N em relação à corrente i, cujo módulo é

$$r_{iN} = \sqrt{(x_N - x_i)^2 + (y_N - y_i)^2} \quad (13)$$

e $\vec{\phi}_{iN}$ é o vetor unitário do produto externo do vetor corrente com o vetor de posição

$$\vec{\phi}_{iN} = -\frac{y_N - y_i}{r_{iN}} \vec{u}_x + \frac{x_N - x_i}{r_{iN}} \vec{u}_y \quad (14)$$

As correntes de retorno pela terra são desprezadas, tal com as correntes nos cabos de guarda que são nulas em situação de equilíbrio estacionário, como o solo é considerado um condutor perfeito a corrente de retorno de sistemas elétricos trifásicos simétricos é nula.

4. Linha Aérea de Transmissão Batalha-Pêgo

Para a LAT em estudo, 400 kV (50 Hz) de configuração horizontal, foram calculados os perfis do campo elétrico e do campo magnético, no plano vertical transversal à linha, tomando como parâmetros as características de projeto no local em que foram executadas as medições, e obtidas as alturas cabo - solo do perfil 10 do RL 0718/07 – AT [2].

O gráfico da Fig.1 mostra os valores máximos calculados para as componentes do campo elétrico, à altura de 1,8 metros.

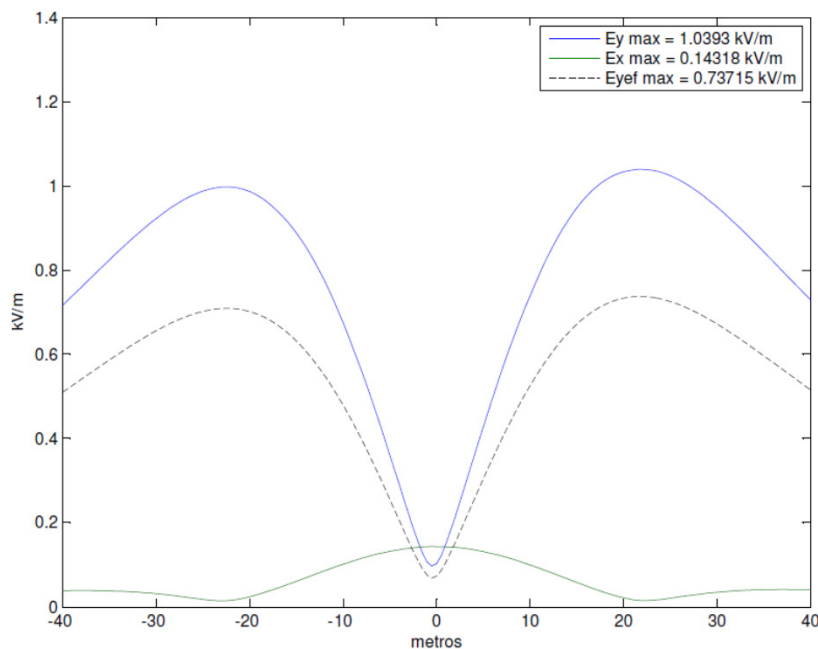


Figura 1 - Perfil do campo elétrico para valores calculados – componentes vertical e horizontal

O valor máximo do campo verifica-se no ponto 22 m, $E_{\max}=1,04$ kV/m sendo o valor eficaz máximo $E_{\text{ef } \max}=0,74$ kV/m.

Para as medições dos campos foram utilizados instrumentos apropriados para medições de LAT e de acordo com as Normas CEI de ensaio e medição [2].

As medições foram executadas no eixo perpendicular ao sentido longitudinal da LAT, no vão entre as torres 66 e 67 (perfil 10) e em pontos espaçados de 2 m.

O equipamento de medida indica os valores máximos dos campos, em valor eficaz (RMS) [2].

O gráfico da Fig.2 mostra os valores medidos e os valores calculados para o campo elétrico.

As condições de medição dos campos não foram as excelentes.

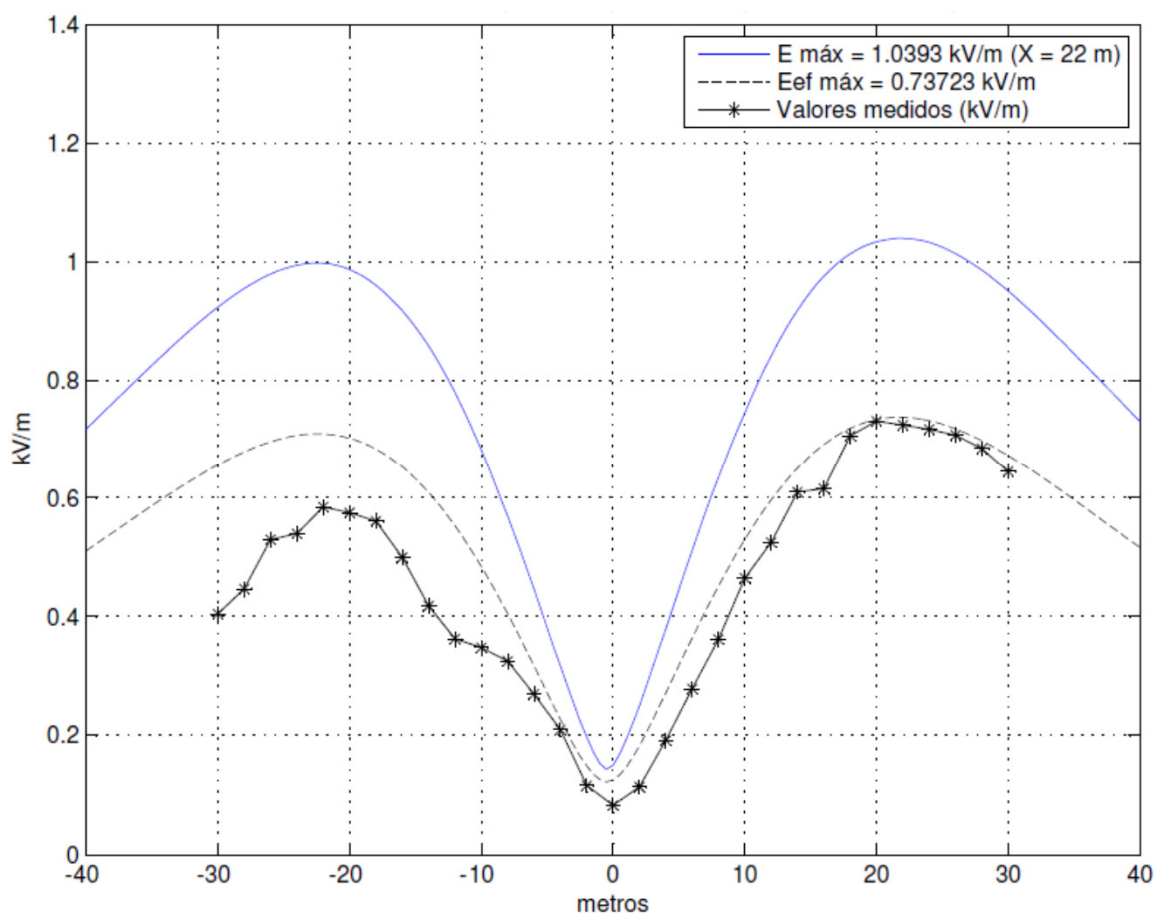


Figura 2 - Perfil do campo elétrico para os valores medidos e calculados

Na análise dos valores calculados e medidos do perfil do campo elétrico verifica-se que as maiores discrepâncias encontradas (Fig.3) são devido à existência de um declive de cerca de 2 m entre a LAT e o ponto -40 e a um muro que acompanha o perfil e funciona como ecrã do campo [2]. Na generalidade as discrepâncias podem ser explicadas por se ter considerado um solo de condução perfeita, plano e horizontal e de extensão infinita.

Se for considerado que as discrepâncias são devidas às condições em que foram efetuadas as medições, os valores podem ser considerados excelentes.

Na Fig.4 apresenta-se a trajetória descrita pelo vetor campo elétrico, no ponto $x_N = 0$ m ($y_N = 1,8$ m).

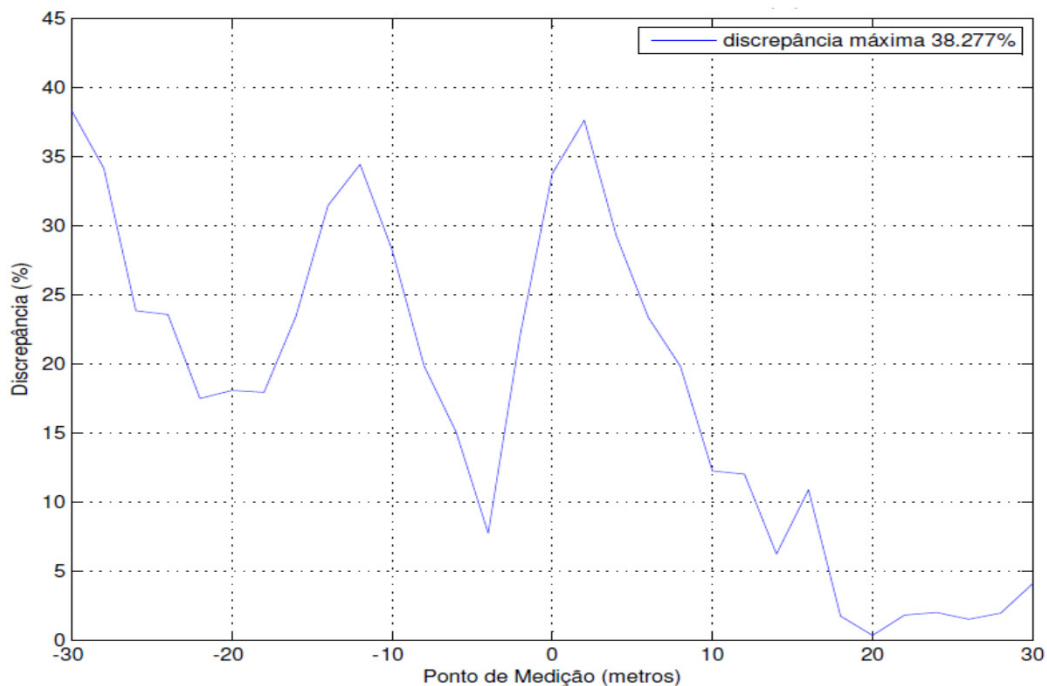


Figura 3 - Discrepância entre valores Calculados e Medidos

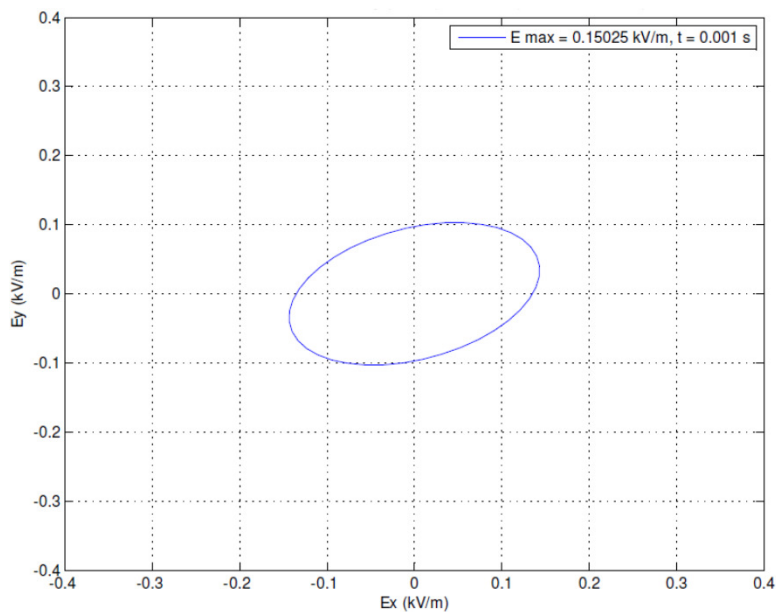


Figura 4 - Trajetória do vetor campo elétrico – $x_N = 0$ ($y_N = 1,8$ m)

Simulou-se a distância mínima do cabo – solo, igual a 12 m, que originava um perfil do campo elétrico com um valor eficaz máximo inferior a 5 kV/m na zona de segurança, para a altura de 1,8 m.

O perfil do campo magnético e das respectivas componentes no plano (Fig.5) foi calculado para a corrente de 290 A, que se estabeleceu durante a medição do campo magnético desta LAT.

O gráfico da Fig.6 mostra os valores medidos e os valores calculados para o campo magnético, considerando que a corrente atingiu o valor máximo de 290 A.

A carga máxima da LAT Batalha – Pego é de 2500 A, para este perfil o valor calculado para o $B_{ef\ max}$ seria de 7,8 μT .

Para a distância mínima do cabo - solo de 12 m e para a carga máxima obtém-se $B_{ef\ max} = 49,5 \mu T$.

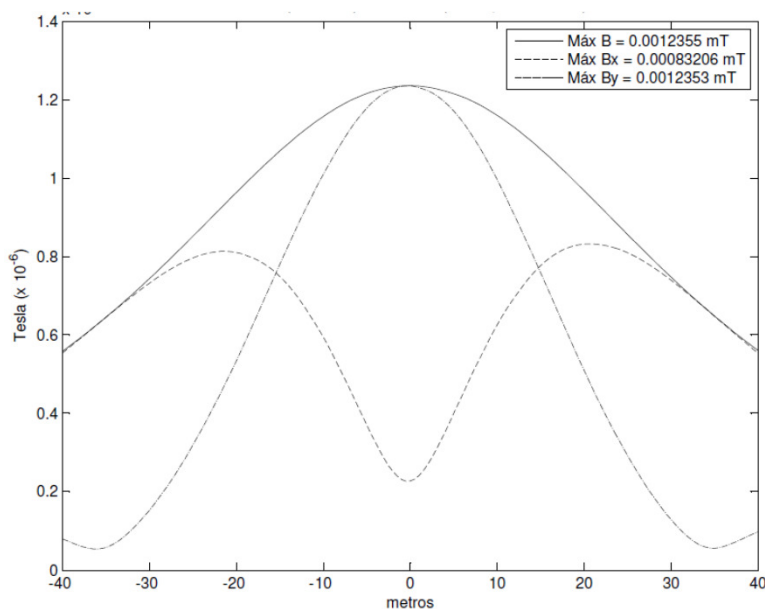


Figura 5 - Perfil do campo magnético máximo e das componentes horizontal e vertical

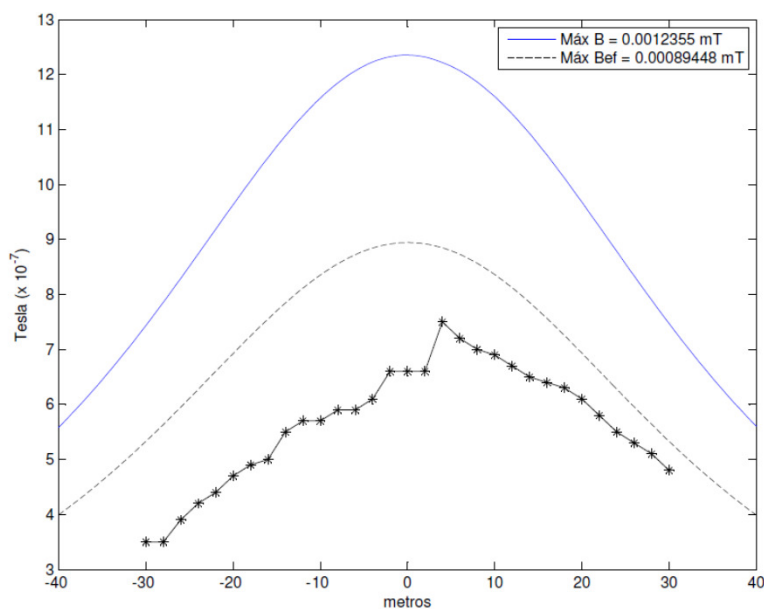


Figura 6 - Perfil do campo magnético para os valores medidos e calculados

Na Fig.7 apresenta-se a trajetória descrita pelo vetor campo magnético, no ponto $x_N = 20$ m ($y_N = 1,8$ m).

O programa de cálculo foi também aplicado, com sucesso e com resultados excelentes, a outros perfis com medições que apresentavam confiança e fiabilidade, perfil 8 [2] e perfis 17 e 18 do RL 696/04 – AT [3].

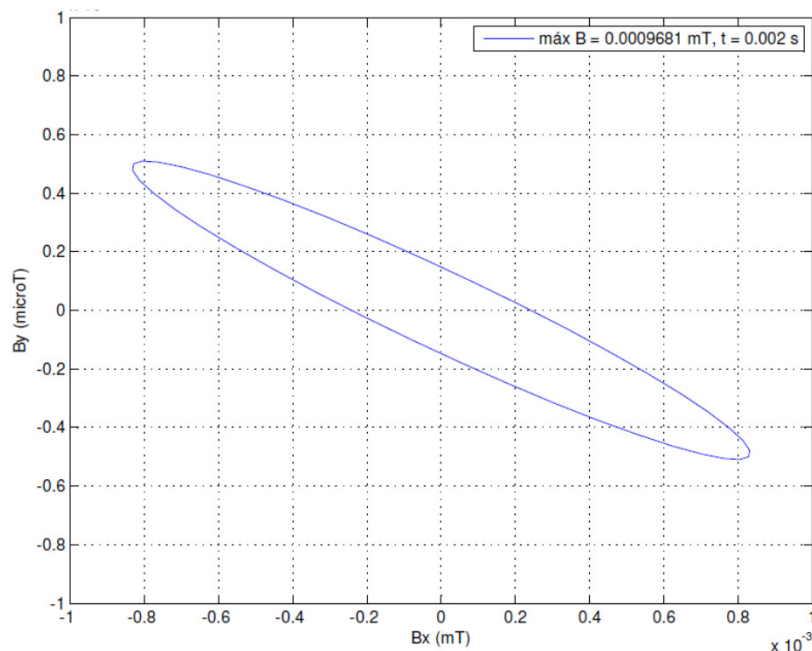


Figura 7 - Trajetória de campo magnético no ponto 20 m, altura 1,8 m

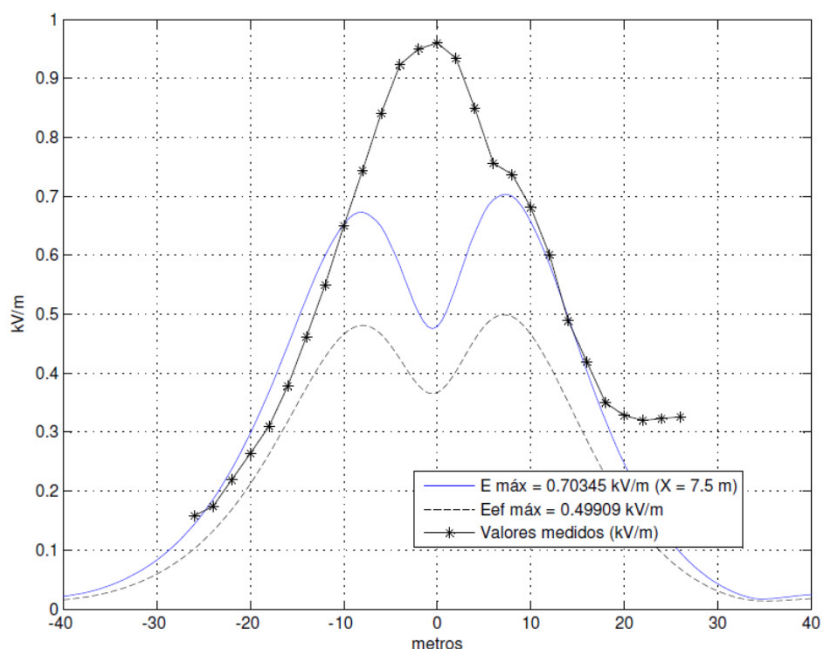


Figura 8 - Perfil do campo elétrico para os valores medidos e calculados – LAT RM/PR – Batalha2 em fase

5. Linha Aérea de Transmissão Dupla RM/PR - BATALHA

Um interessante caso de estudo, que confirmou as potencialidades do cálculo no tempo dos campos.

A LAT dupla RM/PR – Batalha [4] de 220 kV é suportada por postes tipo DL de 8 m de largura. É uma LAT com dois ternos de configuração vertical, as fases mais próximas do solo

ficam à altura aproximada de 17 m. A LAT dupla é um troço comum de duas linhas de origens diferentes, LAT Rio Maior – Batalha2 e LAT Pereiros/Recarei – Batalha2. As correntes máximas são, respetivamente, 1000 A e 622 A.

Foi simulada a colocação de baixo para cima das fases a, b, c - c', b', a' das linhas, e considerou-se as duas linhas em fase. A Fig.8 mostra os cálculos obtidos e as medições respectivas efetuadas para o perfil 3 do campo elétrico do relatório 0969/06 – AT [4], sendo o resultado inconsistente.

É evidente que as linhas aéreas de transmissão, de proveniências diferentes, não estavam em fase quando foram efetuadas as medições.

Tendo sido simulado um desfaseamento de cerca de 60° entre elas, os resultados obtidos para os perfis dos campos, à altura de 1,8 m, justificam esta situação (Fig.9 e Fig.11).

Na análise dos valores calculados e medidos do perfil do campo elétrico verificam-se as discrepâncias apresentadas na Fig.10, para além dos 20 m da linha (Fig.9) o ligeiro aumento dos campos medidos é devido, provavelmente, à existência de duas linhas de 400 kV a cerca de 70 m para o lado esquerdo e de uma linha de 220 kV a cerca de 50 m do lado direito [4].

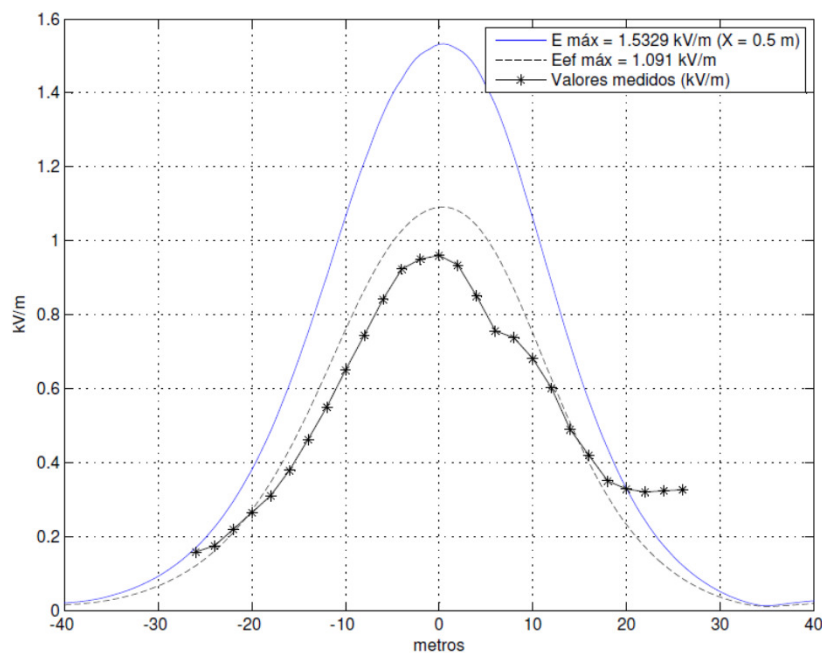


Figura 9 - Perfil do campo elétrico para os valores medidos e calculados – LAT RM/PR – Batalha2 desfasadas

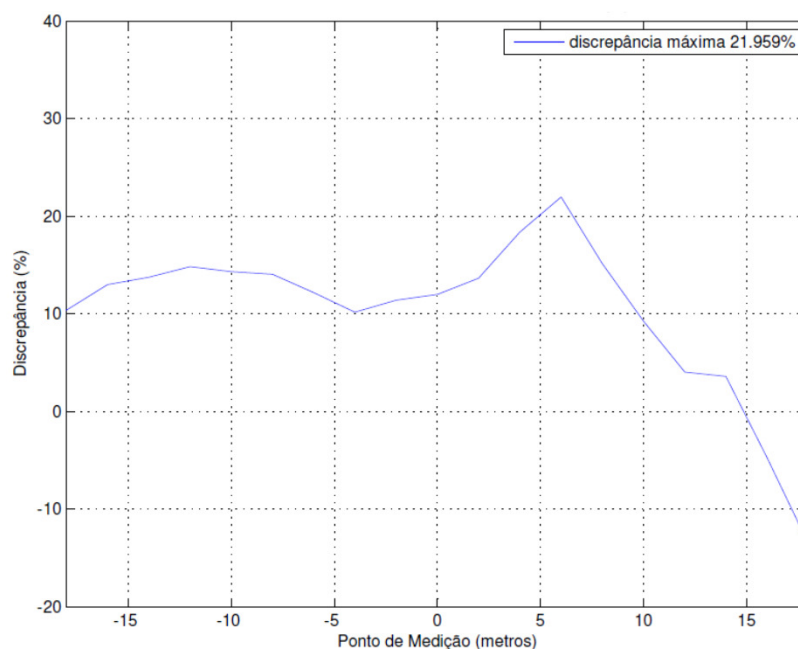


Figura 10 - Discrepância entre valores Calculados e Medidos - linhas RM/PR – Batalha2 desfasadas

O perfil do campo magnético (Fig.11) foi calculado para as correntes de 140 A e 55 A que se estabeleceram durante a medição do campo magnético desta LAT dupla.

Simulou-se a distância mínima do cabo – solo, na condição extrema das LAT estarem desfasadas de 120° e os condutores mais próximos do solo estarem em fase, que originava um perfil do campo elétrico com um valor eficaz máximo inferior a 5 kV/m na zona de segurança e para a altura de 1,8 m. A distância mínima cabo – solo obtida foi de 7 metros.

Para esta distância mínima e para as correntes máximas previstas para as linhas, 1000 A e 622 A, obteve-se o valor eficaz máximo de $25,5 \mu\text{T}$ para o campo magnético.

6. Linhas Aéreas de 1100 kV

O programa foi aplicado para o cálculo dos campos de duas Linhas de Ultra Alta Tensão.

Procurou-se obter a distância mínima do cabo - solo que originava um perfil do campo elétrico com um valor eficaz máximo inferior a 5 kV/m na zona de segurança, ao nível do solo.

Os cálculos dos campos são efetuados para a altura de 1 m.

A. Linha Aérea de Transmissão Kita - Iwaki

A linha aérea de transmissão *Kita – Iwaki* [6] de 1100 kV é suportada por postes de 108 m de altura e 38 m de largura.

É uma linha dupla com dois ternos de configuração vertical sendo as fases constituídas por feixes de oito condutores, as fases mais próximas do solo ficam à altura de 50 m.

A corrente pode atingir 8000 A, durante períodos de tempo relativamente curtos.

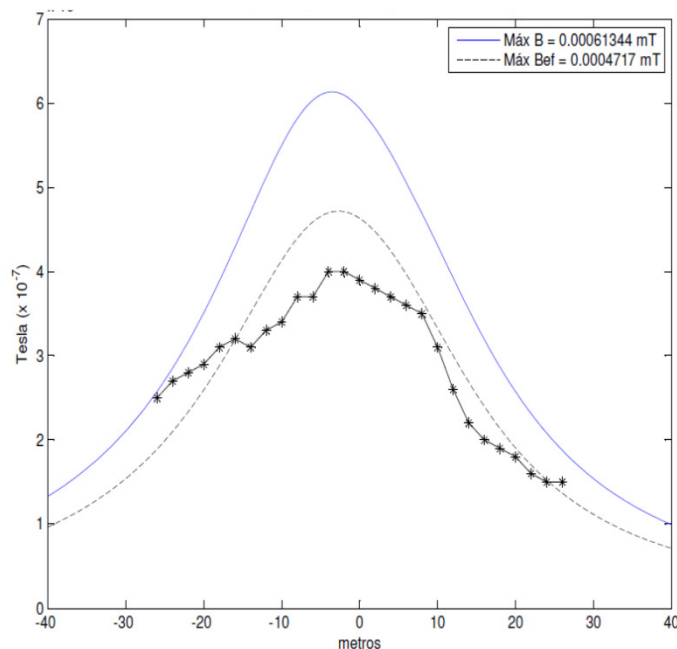


Figura 11 - Perfil do campo magnético para os valores medidos e calculados – LAT RM/PR – Batalha2 desfasadas

A distância mínima cabo - solo é de 31 m para que o valor eficaz do campo elétrico não ultrapasse os 5 kV/m (Fig.12).

O perfil do campo magnético foi calculado para correntes de 8000 A e para a mesma distância cabo – solo (Fig.13).

O valor eficaz da componente vertical do campo é praticamente igual ao valor eficaz do vetor campo.

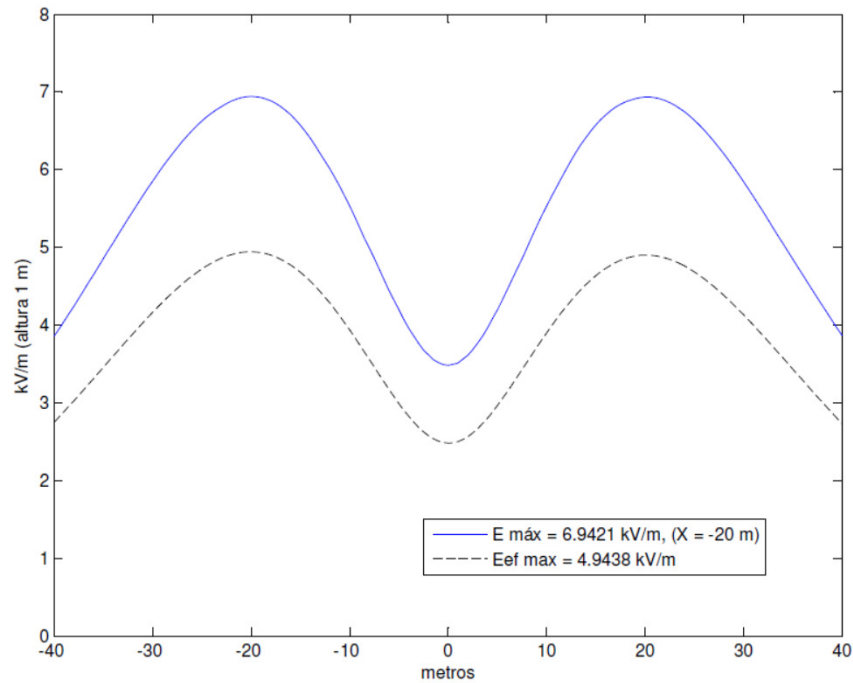


Figura 12 - Perfil do campo elétrico – Distância do cabo - solo de 31 m

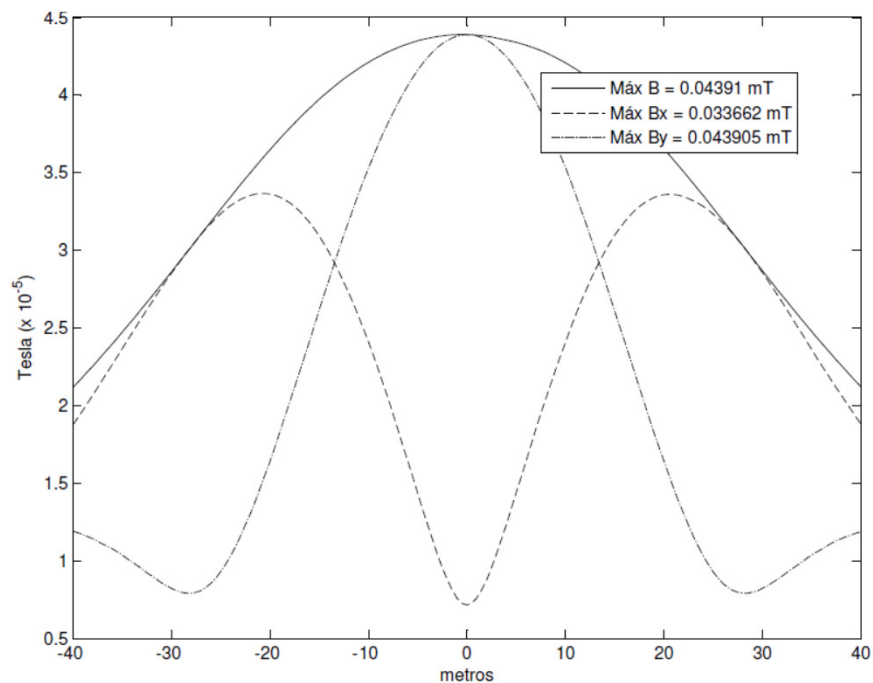


Figura 13 - Perfil do campo magnético máximo e das componentes horizontal e vertical – Distância do cabo - solo de 31 m

Foi simulada a situação de um dos ternos verticais se encontrar desligado. Como o equilíbrio da simetria das fases desaparece, o campo elétrico intensifica-se (Fig.14). Situação idêntica à que ocorre quando se aumenta a distância entre os condutores (fases).

A distância mínima do cabo – solo, nestas condições, teria de aumentar para 35 m, para que na zona de segurança o valor eficaz do campo elétrico não ultrapassasse o valor de referência. O cálculo do perfil do campo magnético, naquela situação, está representado na Fig.15.

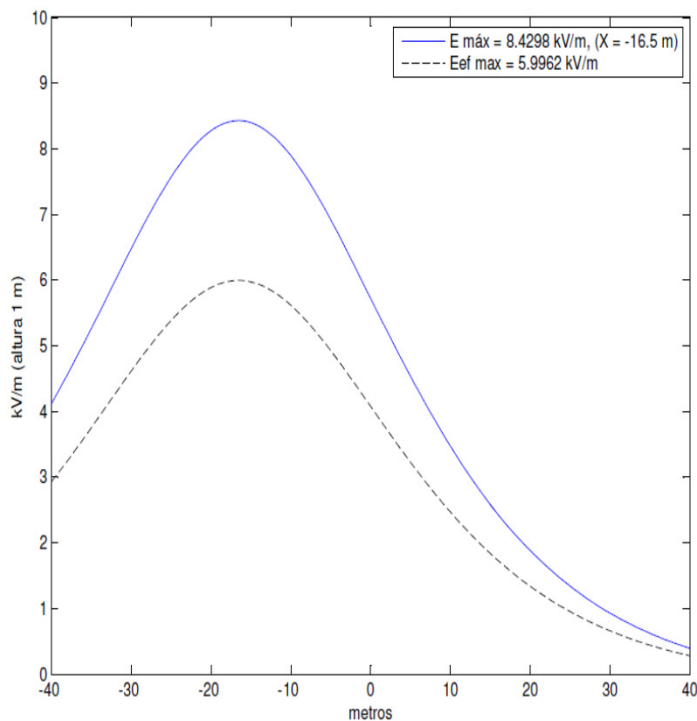


Figura 14 - Perfil do campo elétrico (1 terno vertical)

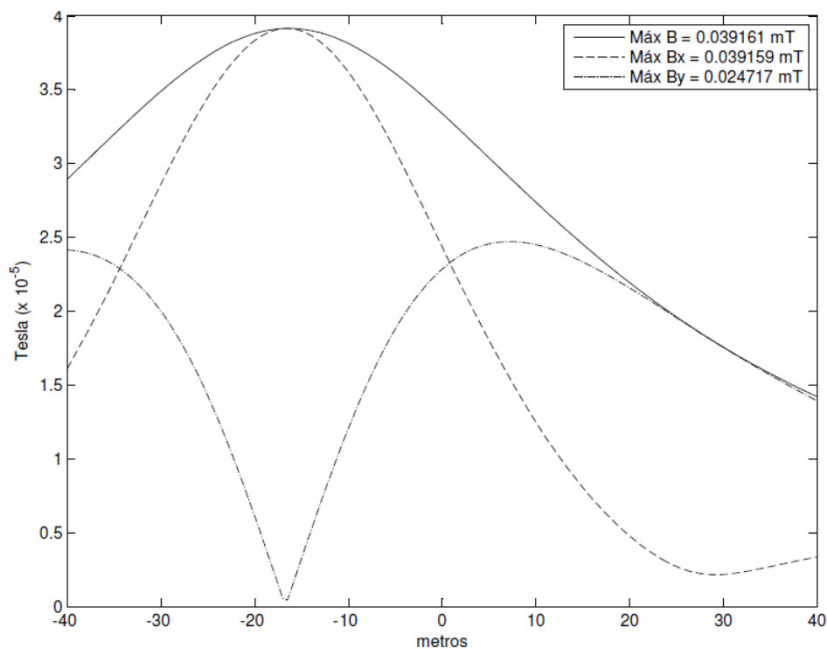


Figura 15 - Perfil do campo magnético máximo (1 terno vertical) e das componentes horizontal e vertical

B. Linha Aérea de Transmissão Ekibastuz - Kokchetav

A LAT Ekibastuz – Kokchetav [6] de 1100 kV é suportada por postes de 44 m de altura e 48 m de largura. É constituída por um terno de configuração horizontal sendo as fases constituídas por feixes de oito condutores, as fases exteriores, que se encontram mais próximas do solo, ficam à altura de 32 m. A corrente pode atingir 8000 A.

Não existe distância mínima cabo - solo para que o valor eficaz do campo elétrico não ultrapasse os 5 kV/m.

Para a distância teórica de 32 metros o valor eficaz máximo calculado é igual a 5,4 kV/m (Fig.16).

Para que o valor eficaz do campo fosse inferior a 5 kV/m, na zona de segurança, a distância mínima do cabo – solo teria de ser de 34 m.

O perfil do campo magnético calculado para os pontos com 1 m de altura, supondo que os condutores se encontram à distância de 32 m do solo e a corrente é de 8000 A, está representado na Fig.17.

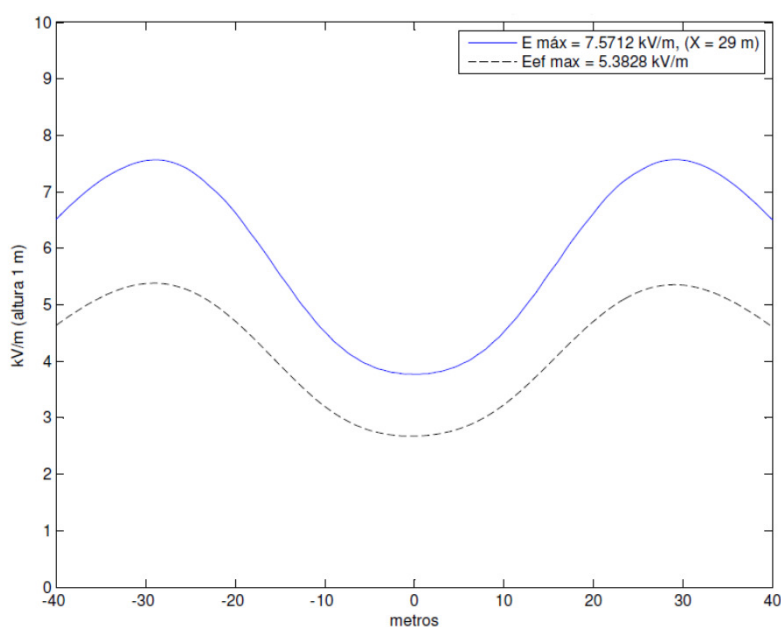


Figura 16 - Perfil do campo elétrico – Distância do cabo - solo de 32 m

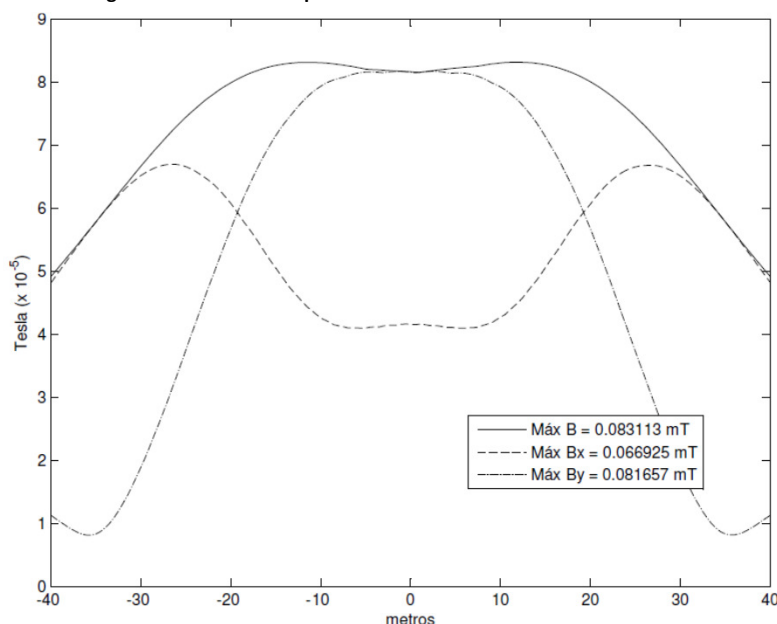


Figura 17 - Perfil do campo magnético máximo e das componentes horizontal e vertical – Distância do cabo - solo de 32 m

Em termos gerais, pode-se concluir que o campo elétrico máximo no solo é menor para a configuração triangular equilateral das LAT e maior para as configurações vertical e horizontal. O campo elétrico fora da faixa de segurança é mais pequeno para a configuração vertical e é maior para a configuração horizontal.

É inconsequente tentar parametrizar o campo elétrico em função das dimensões geométricas das LAT, mesmo que não se considere a condutividade do terreno, basta a diversidade da tipologia dos apoios e o número de condutores que constituem as fases, para inviabilizar essa intenção. É apenas possível prever uma distância mínima que cumpra as condições de segurança estudadas.

O efeito da dimensão do condutor pode ser avaliado, no caso de feixes nas fases, usando o raio equivalente [5].

O condutor equivalente tem a mesma carga elétrica total por unidade de comprimento da fase, o que causa o mesmo campo no solo.

Verifica-se que a duplicação teórica do raio equivalente provoca um aumento de cerca de 15% no valor do campo elétrico.

Os cabos de guarda (CG) praticamente não influenciam o campo elétrico ao nível do solo.

A não existência teórica dos CG aumentava o campo elétrico no solo no máximo de 4%, para a configuração horizontal de 1100 kV.

7. Conclusão

A utilização de valores eficazes nos potenciais e nas cargas, na simulação dos campos elétricos, utilizando o método da simulação das cargas e apresentado na maioria das publicações sobre o assunto, mostra-se adequado. Apesar da utilização de campos estacionários originar a obtenção de valores eficazes aproximados para os campos elétricos.

A utilização de valores instantâneos no método da simulação das cargas apresenta resultados teóricos, em condições ideais, próximos ou coincidentes com os valores reais e medidos.

O método utilizado para o cálculo mostrou-se eficaz e preciso na determinação do perfil do campo elétrico ao nível do solo em LAT, os resultados são obtidos de forma rápida e com relativa simplicidade, os valores obtidos estão otimizados devido às condições ideais consideradas, solo plano, horizontal, infinito e condutor perfeito e condutores teoricamente paralelos entre si e ao solo (o efeito de flecha desprezado quando considerado o ponto mais baixo da catenária), o que poderá ser corrigido com um conhecimento mais detalhado das condições de implementação da LAT.

O campo magnético em pontos igualmente afastados de um sistema trifásico simétrico de correntes é nulo devido à sua natureza rotacional.

Em pontos suficientemente afastados do sistema trifásico, devido à assimetria da colocação das fases, o valor do campo é residual.

A utilização dos valores eficazes das correntes na simulação computacional do campo magnético não é a mais adequada, obtendo valores excessivamente divergentes.

A utilização de valores instantâneos permite obter valores coincidentes com os valores teóricos previstos.

Os campos elétricos e magnéticos máximos, recomendados para Público Permanente, são respetivamente; 5 kV/m (RMS) e 0,100 mT (RMS) [6].

De acordo com estes valores, a grande maioria das LAT, com tensões nominais inferiores a 800 kV, não necessitam de zona de segurança para o campo elétrico, desde que cumpram uma distância mínima ao solo (público).

A distância mínima ao solo para uma linha típica de 800 kV, com configuração horizontal, considerando uma distância entre fases de 16 m e as fases constituídas por 4 condutores, é de 23 m.

Os campos magnéticos das linhas aéreas de transmissão têm valores reduzidos e inferiores ao limite considerado como perigoso para a saúde pública.

O campo magnético das linhas aéreas de transmissão não tem influência na segurança do público permanente, de acordo com as recomendações.

Estudos futuros poderão reavaliar os procedimentos de medição e de cálculo com a finalidade de minimizar as discrepâncias encontradas, e a implementação de novos conceitos ao programa tornando-o mais abrangente neste tipo de cálculo.

Referências

- [1] H. Singer, H. Steinbigler, e P. Weiss, "A charge simulation method for the calculation of high voltage fields," IEEE Trans., vol. PAS-93, pp. 1660-1668, January 1974.
- [2] REN - Portugal, Informação Técnica, Monitorização – Campos Eléctrico e Magnético, Relatório da Linha Batalha – Pego, Novembro 2007.
- [3] REN - Portugal, Informação Técnica, Monitorização – Campos Eléctrico e Magnético, Relatório da Linha Fanhões – Alto Mira IV/V a 400 kV, Novembro 2004.
- [4] REN - Portugal, Informação Técnica, Monitorização – Campos Eléctrico e Magnético, Relatório do Troço comum às Linhas Batalha – Recarei e Batalha – Rio Maior 3, Novembro 2006.
- [5] J. S. Paiva, "Redes de Energia Eléctrica – uma análise sistémica", ISTPress, Lisboa, Abril 2005.
- [6] Siemens Energy Sector, UHV AC Entwicklung uber 1100 kV, L.-R. Janicke, at all, Hannover Messe, April 2008.
- [7] Council Recommendation on the Limitation of Exposure of the General Public to Electromagnetic Fields 0 Hz – 300 GHz, 2188ª Reunião do Conselho da União Europeia, Junho 1999.

Agradecimentos

Agradeço a REN – Rede Eléctrica Nacional toda a disponibilidade no acesso às publicações da Informação Técnica, e na colaboração do Centro de Informação Técnica da REN para a utilização dos dados técnicos e medições.

<http://www.centrodeinformacao.ren.pt/PT/InformacaoTecnica/Paginas/MonitorizacaoCamposElectricoMagnetico.aspx>

Obs:

Artigo publicado na Revista: LATIN AMERICA TRANSACTIONS, VOL. 10, NO. 4, JUNE 2012

Unidades Ininterruptas de Alimentação (UPS). O que escolher?

1. Introdução

As UPS (unidades de alimentação ininterruptas) são sistemas destinados à alimentação de dispositivos elétricos quando existe um corte de energias de rede.

As UPS diferenciam-se dos restantes sistemas de emergência na medida em que possibilitam a alimentação instantânea quando ocorre um corte através de baterias e circuitos eletrónicos associados para sistemas de baixa potência ou geradores diesel e sistemas “flywheel*” para sistemas de grande potência.

As UPS são normalmente utilizadas para proteger equipamentos que possam conter dados essenciais ou indispensáveis para o funcionamento de um edifício com *datacenters*, computadores, equipamentos de telecomunicações ou outros equipamentos cuja interrupção de funcionamento possa causar danos irreversíveis em sistemas, dados ou negócios.

Para além da capacidade de fornecer energia em caso de interrupção por um período limitado de tempo, as UPS podem corrigir outros eventos de rede como sobretensões, cavas, variações de tensão, ruído, instabilidade de frequência ou distorção harmónica.

2. Categorias mais comuns de UPS

As categorias mais comuns de UPS são as seguintes: Standby; Line- Interactive; Dupla conversão on-line; Conversão Delta on-line; Standby-Ferro; DC; Rotativas a diesel (flywheel).

2.1. Standby

É o tipo mais comum utilizado para computadores pessoais.

São unidades de elevado rendimento, apresentam baixo custo e volume.

Os maiores inconvenientes são:

- a falta de condicionamento da corrente de entrada que provoca injeção de harmónicas na rede elétrica, quando as cargas são não lineares;
- o tempo de transferência entre os modos rede-inversor e inversor-rede, provocando cortes na alimentação das cargas nesses instantes;
- apresentarem uma forma de onda na saída ligeiramente quadrada.

A figura 1 mostra o esquema simplificado de ligação de uma UPS do tipo Standby.

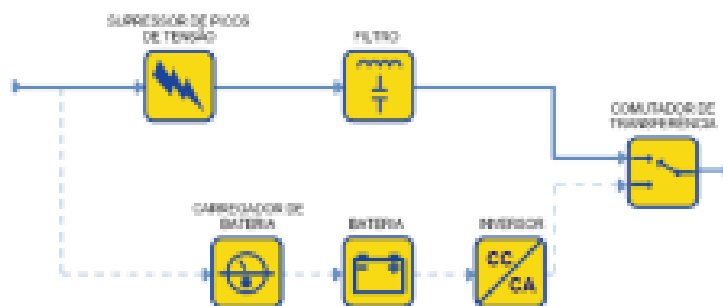


Figura 1 – UPS do tipo Standby

2.2 Line-Interactive

Trata-se da concepção mais comum para servidores de aplicações não críticas, e departamentais.

Unidades de baixo custo e rendimento elevado, com possibilidade de regulação de tensão de saída e pequeno tempo de transferência nos modos: rede-inversor e inversor-rede.

Como inconveniente, a presença do indutor não permite que a tensão de saída e a tensão de entrada estejam em fase, gerando um transitório quando da utilização da chave de “by-pass”.

A figura 2 mostra o esquema simplificado de ligação de uma UPS do tipo Line-Interactive.

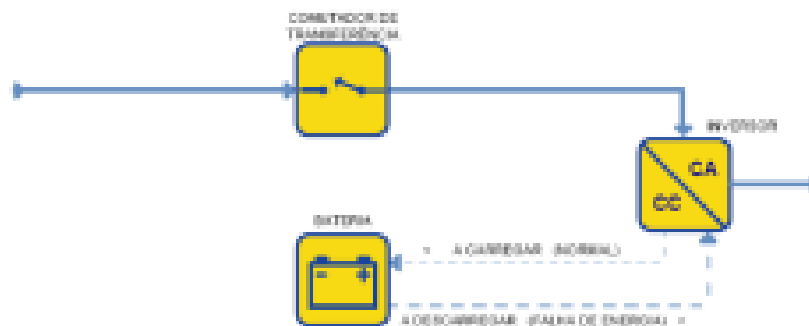


Figura 2 – UPS do tipo Line-Interactive

2.3 Dupla conversão on-line

É o tipo mais vulgar de UPS acima de 10 kVA.

A carga é continuamente alimentada pelo inversor, não existindo portanto tempo de transferência, possui baixa taxa de distorção harmônica, pois a tensão de saída é regulada, e são bastante fiáveis.

Apresenta como desvantagens o baixo rendimento (conversores em cascata) e elevado custo e volume.

A figura 3 mostra o esquema simplificado de ligação de uma UPS do tipo Dupla conversão on-line.

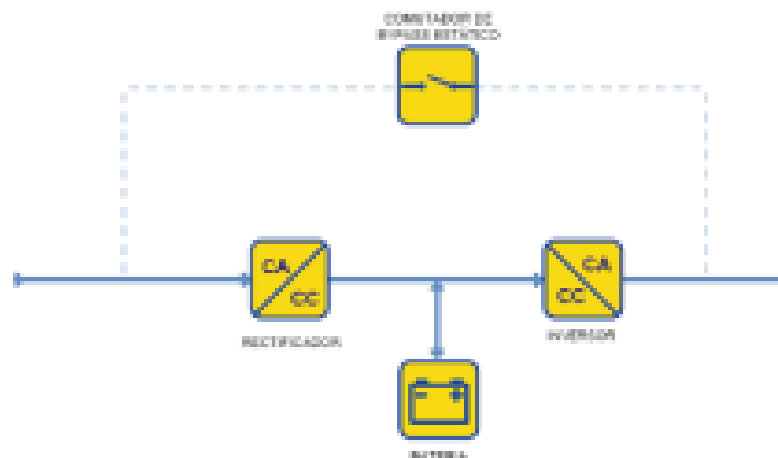


Figura 3 – UPS do tipo Dupla conversão on-line

2.4 Conversão Delta on-line

Tecnologia recente, com 10 anos de idade, introduzida para eliminar as desvantagens da concepção de dupla conversão on-line.

A figura 4 mostra o esquema simplificado de ligação de uma UPS do tipo Conversão Delta on-line.

2.5 Standby-Ferro

Já não costumam ser utilizados principalmente porque se mostram altamente instáveis quando operam perante uma carga de fonte de alimentação de um computador moderno.

A figura 5 mostra o esquema simplificado de ligação de uma UPS do tipo Standby-Ferro.

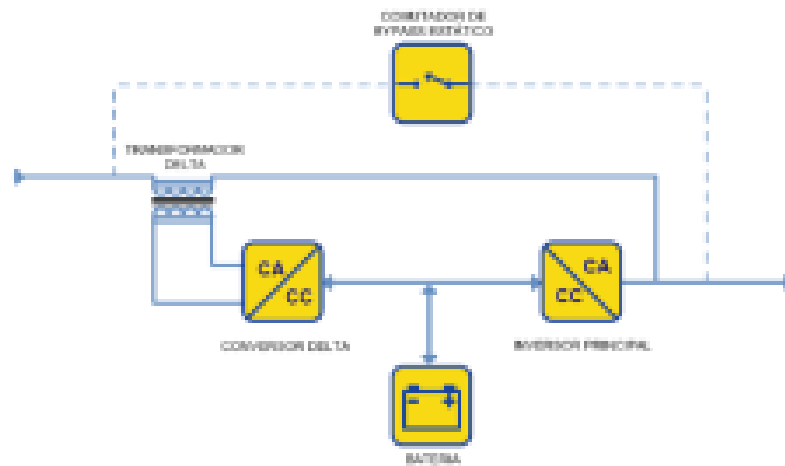


Figura 4 – UPS do tipo Conversão Delta on-line

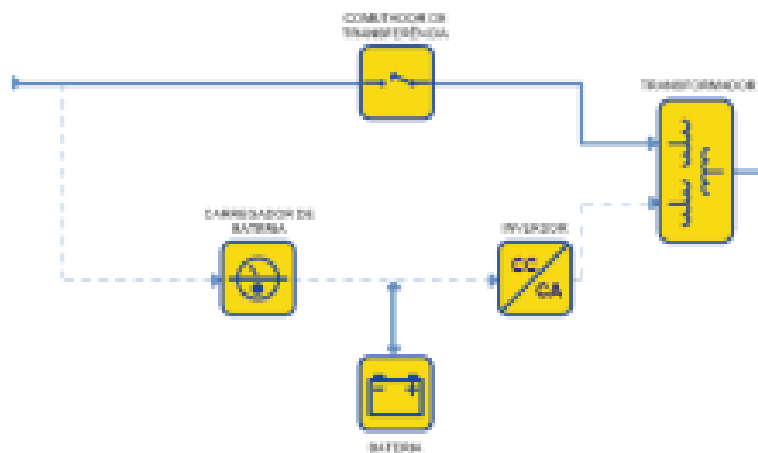


Figura 5 – UPS do tipo Standby-Ferro

2.6 DC

Trata-se de uma UPS equivalente à tecnologia *online* sem a necessidade do inversor.

2.7 Rotativas a diesel (flywheel)

São sistemas de armazenamento de energia cinética em vez de energia química. Em alternativa às placas de chumbo submersas em ácido sulfúrico, usa-se a inércia do volante para armazenar e recuperar a potência

São UPS utilizadas para sistemas de grande porte apresentando grande autonomia.

O maior inconveniente é o ruído produzido quando em funcionamento.

3. Conclusões

Há vários tipos de UPS indicados para diferentes utilizações.

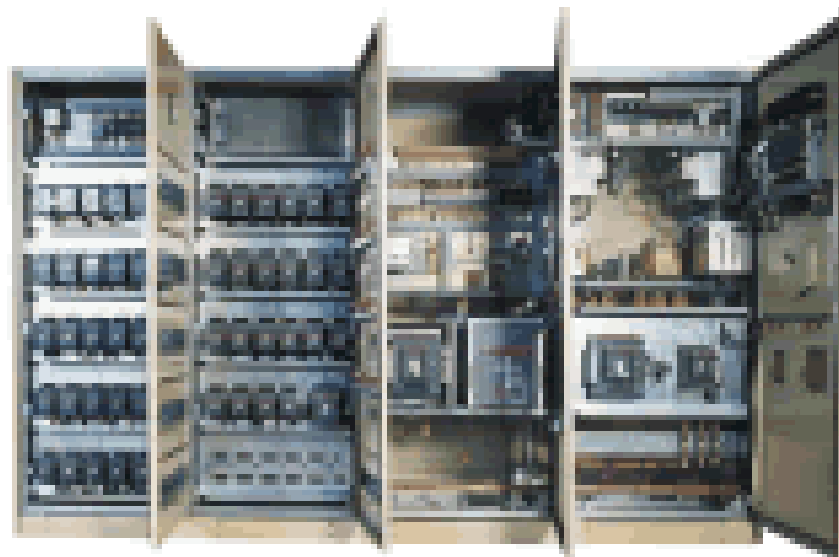
Não se pode dizer que haja um tipo de UPS ideal para todas as aplicações.

As diferenças significativas nas conceções das UPS apresentam vantagens teóricas e práticas, consoante o tipo de utilização. Contudo, a qualidade básica do desenho de implementação e a qualidade de fabrico são frequentemente os fatores predominantes na determinação do desempenho atingido na aplicação do cliente.

A QEnergia em parceria com a BORRI e a KST, possui uma gama de soluções para responder a todas as necessidades no mercado, para manter a continuidade de serviço em instalações de serviço e industria. Desenhamos também soluções á medida da real necessidade.

Referências

European guide about UPS by Neil Rasmussen.



UPS Estática BORRI - QEnergia

Aplicação de Motores Síncronos de Ímanes Permanentes e Motores de Indução em Veículos Elétricos: Comparação e Perspetivas de Evolução.

Resumo

Os sistemas de propulsão baseados em motores síncronos de ímanes permanentes (MSIP) têm sido considerados como a opção mais promissora para os veículos híbridos (VH) e elétricos (VE). A situação atual relativa às reservas e custos dos elementos de terras-raras poderá trazer algumas alterações nesta tendência; a opção por motores que prescindem destes elementos poderá trazer um novo estímulo à aplicação dos motores de indução neste domínio.

Este artigo procura apresentar uma análise comparativa entre MSIP e motores de indução (MI) num espectro alargado de velocidades de funcionamento, com especial destaque para os seus desempenhos energéticos. Começa-se por abordar as características gerais de comportamento exigidas aos VE, que definem os múltiplos cenários de funcionamento que poderão ser impostos aos motores. Em seguida, são focadas as principais características de ambas as máquinas, procurando realçar as vantagens e desvantagens mais relevantes, no contexto dos VE. Com base nos regimes de funcionamento a que serão submetidos, analisam-se as diferenças dos rendimentos naturais de ambos os motores. Para os MI é também abordado o importante tema dos algoritmos de minimização de perdas, com vista ao aumento dos rendimentos em regimes de carga onde o desempenho destas máquinas é inferior.

1. Introdução

A dependência dos meios de transporte sobre os combustíveis fósseis, aliada à limitação dos impactos ambientais, tem promovido, nos últimos anos, um crescente investimento no desenvolvimento de alternativas mais eficientes e ecológicas. Os VH (sistema de propulsão composto por um motor de combustão interna (MCI), auxiliado por motor elétrico) e os VE (sistema de propulsão composto por motor(es) elétrico(s)) têm surgido como uma alternativa aos veículos convencionais, baseados em MCI –

sobretudo os primeiros. Atualmente, a sua expressão é já bastante significativa: nos últimos anos, os principais fabricantes de automóveis têm vindo a desenvolver e comercializar vários modelos híbridos [1], [2].

Uma questão essencial é a escolha do tipo de motor elétrico, o qual deverá responder a exigentes requisitos impostos por diferentes ciclos de condução. São de destacar: bons desempenhos dinâmicos com elevados níveis de eficiência energética (numa ampla gama de variação de binário-velocidade, incluindo as frenagens), elevadas capacidades de sobrecarga, bem como densidades de potência e fiabilidade, naturalmente com custos que tornem viável a sua implementação [3]. Tais exigências colocam múltiplos desafios ao desenvolvimento e aplicação dos motores elétricos.

Num artigo anterior [4], foram focados os principais tipos de motores atualmente mais promissores:

- MI;
- MSIP;
- Motores de relutância comutada (MRC).

A tecnologia associada aos MI apresenta um nível de maturidade muito elevado, não significando que esteja esgotado o espaço para novos desenvolvimentos. Fundamentalmente, a aplicação de novos materiais e alterações de projeto [5], [6], bem como a implementação de métodos de limitação de perdas [7], apresentam um potencial considerável de desenvolvimento. Por seu lado, os MSIP e os MRC são conceções mais recentes, cujas aplicações para VH e VE têm merecido um enorme interesse da parte da comunidade científica e dos fabricantes: a vasta quantidade de trabalhos publicados nos últimos anos confirma este facto, de que são exemplos as referências [8], [9].

Até ao momento, as opções têm vindo a incidir, fundamentalmente, nos MSIP e MI. Por este motivo, optou-se por analisar principalmente estas máquinas. Em termos comparativos, os primeiros apresentam maior rendimento nominal e densidade de binário, juntamente com excelentes comportamentos dinâmicos.

Como tal, os MSIPs têm sido encarados como a escolha mais promissora para os VH e VE pela generalidade dos fabricantes. São, no entanto, de referir as exceções da General Motors e da Tesla, que optaram pelo MI [2].

As recentes pressões impostas pela China sobre os elementos de terras-raras (*atualmente, este país suporta cerca de 97% da procura mundial destes materiais*), tanto ao nível dos preços, como das quantidades exportadas, começam a colocar em causa a preponderância dos sistemas de propulsão baseados nos MSIP [10].

Com efeito, os ímanes permanentes que apresentam atualmente as maiores densidades de energia são compostos por estes materiais.

Ainda recentemente, a Toyota anunciou que o novo RAV4 EV virá equipado com MI [2].

O presente artigo procura efetuar uma caracterização dos MSIP e MI, realçando as principais vantagens e desvantagens, sobretudo ao nível dos rendimentos.

À luz do contexto atual da exploração e comercialização dos materiais de terras-raras, procura-se referir as tendências que parecem indiciar algumas mudanças no papel que estas máquinas poderão vir a desempenhar no contexto da mobilidade elétrica (VH e VE). Na secção 2 são abordados os desempenhos espectáveis de um VE, focando as exigências impostas aos respetivos motores elétricos.

A secção 3 apresenta alguns aspetos construtivos dos MI e MSIP, bem como vantagens e desvantagens relativas na aplicação em VE. As características dos seus rendimentos são o principal destaque.

Neste sentido, a secção 4 refere uma ferramenta gráfica muito disseminada, com vista à caracterização do rendimento de um motor em toda a sua gama de funcionamento: os mapas de eficiência. Pela sua relevância neste domínio, a secção 5 faz uma breve referência aos algoritmos de minimização de perdas para MI. Por último, na secção 6 são apresentadas algumas conclusões.

2 Características de desempenho dos e VE

Em termos gerais, os requisitos comportamentais dos VE caracterizam-se por elevados binários na zona das baixas velocidades, estando a gama das altas velocidades associada a funcionamentos com potência constante (Figura 1).

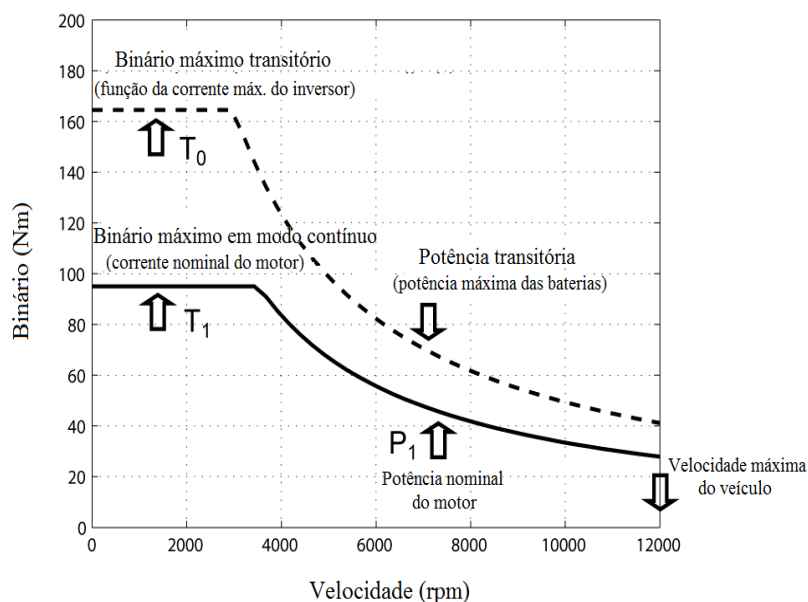


Figura 1 – Requisitos de um Veículo Elétrico [11]

Naturalmente, as características dos percursos previstos (ciclos de condução) são fundamentais na fixação daquelas grandezas: do binário máximo disponível (modo contínuo) dependerá o desempenho do veículo em subidas; em trajetos planos, a velocidade máxima atingida (modo contínuo) é determinada pela potência fixada para a gama de altas velocidades.

A capacidade de funcionamento em sobrecarga dos motores elétricos (por períodos limitados, tanto menores quanto maior o valor da sobrecarga) é uma mais-valia muito relevante sobre os MCI [11]. Com efeito, há a considerar um acréscimo do binário máximo e potência máxima desenvolvidos: o funcionamento em sobrecarga está representado pela característica a tracejado da Figura 1.

Surtem vantagens tanto em modo motor (*possibilidade de desenvolver elevados binários em toda a gama de velocidades \Rightarrow maiores acelerações, bem como picos de velocidade*), como em modo frenagem (*aumento da capacidade de frenagem eletromagnética do veículo*). É, no entanto, de realçar a extrema importância das características do inversor do motor, bem como das baterias do sistema. Em termos práticos, o acréscimo do binário máximo será limitado pela corrente nominal do inversor; por outro lado, no aumento da potência máxima devem estar presentes as limitações das baterias [11]; embora tenham elevadas densidades de energia (Wh/Kg), apresentam baixas densidades de potência (W/Kg).

3 MI e MSIP em VE: Análise Comparativa

3.1 Motores de Indução

Os MI com rotor em gaiola apresentam elevada robustez e simplicidade, aliadas a custos comparativamente mais baixos. Em termos de controlo dinâmico, os sistemas baseados no controlo vetorial por orientação de campo – principalmente, do campo rotórico – encontram-se, atualmente, muito disseminados e com custos bastante atrativos [8].

Os tipos de perdas mais relevantes nestas máquinas são as perdas por efeito de Joule e as magnéticas. Na zona de enfraquecimento de campo (velocidades elevadas), as perdas magnéticas são naturalmente menores. Este é o principal motivo para os valores mais elevados do rendimento se encontrarem em regimes de funcionamento associados a velocidades superiores à nominal; pelo contrário, o rendimento é menor na gama das baixas

velocidades (entre o repouso e a velocidade nominal), em particular com cargas baixas. Nesta gama de velocidades sobressaem as vantagens do MSIP. Atendendo à maior dificuldade em dissipar as elevadas perdas no ferro e por efeito de Joule que podem ocorrer no MI (poderá justificar a inclusão de sistemas de ventilação forçada), a capacidade de sobrecarga do MI aparece limitada, em comparação com o MSIP [3].

No contexto dos VH e VE, este é um aspeto de grande relevância em ambos os modos de funcionamento (motor e frenagem). Estas distribuições de perdas decorrem da regulação convencional do campo magnético, implícita na Figura 1.

É de realçar o facto de, na zona de binário máximo constante, o campo magnético ser mantido no seu valor nominal; voltar-se-á a este aspeto na secção 5.

No caso de ocorrer uma falha na alimentação do motor (problema no inversor), a tensão aos seus terminais é nula (após a extinção dos transitórios eletromagnéticos), uma vez que a máquina fica desmagnetizada. Tal não acontece com os MSIP. Tratando-se de um aspeto diretamente relacionado com a segurança do veículo e seus utilizadores, é, pois, uma vantagem importante dos MI face a estes últimos [8].

3.2 Motores Síncronos de Ímanes Permanentes

Estas máquinas são dotadas de ímanes permanentes no rotor, baseados em terras-raras (*ligas compostas por neodímio (Nd), ferro (Fe) e boro (B)*). Sendo ímanes com elevadas densidades de energia, obtêm-se máquinas mais compactas em relação aos MI e com melhores fatores de potência.

A ausência de enrolamentos rotóricos permite a eliminação das perdas por efeito de Joule no rotor (em regime permanente), sendo possível alcançar elevados rendimentos nominais, superiores aos do MI. Para estes regimes de funcionamento são de realçar os valores consideráveis das perdas no ferro do estator, atendendo às características dos ímanes utilizados [3].

O rendimento é fundamentalmente elevado na vizinhança da velocidade nominal. Com efeito, o enfraquecimento do campo magnético está associado à regulação da componente i_d da corrente estatórica, responsável pela criação de um campo magnético de reação do induzido que se opõe ao campo indutor desenvolvido pelos ímanes permanentes. Como consequência, a gama de velocidades elevadas (zona de enfraquecimento do campo) é caracterizada por elevados valores de i_d (*componente longitudinal da corrente do estator*), tanto maiores quanto a velocidade: embora as perdas no ferro do estator diminuam, as perdas por efeito de Joule são agora preponderantes, levando a diminuições do rendimento.

Importa ter presente que elevados valores de i_d poderão conduzir à desmagnetização dos ímanes; por outro lado, sendo estes muito sensíveis à temperatura, a sua monitorização no interior da máquina é fundamental [3]. Deste modo, as sobrecargas que lhe são impostas deverão ter sempre estes dois aspetos em consideração, sobretudo na gama das altas velocidades.

Contrariamente aos MI, no caso de haver uma falha no inversor, poderá surgir uma sobretensão nos terminais estatóricos da máquina. O valor desta sobretensão depende da velocidade, pelo que na gama das altas velocidades a possibilidade de ocorrência destas falhas representa um sério risco para os ocupantes do veículo, bem como para os respetivos equipamentos. Existem duas configurações distintas, tal como indicado na Figura 2:

- ímanes montados na superfície do rotor (SR);
- ímanes colocados no interior do rotor (IR).

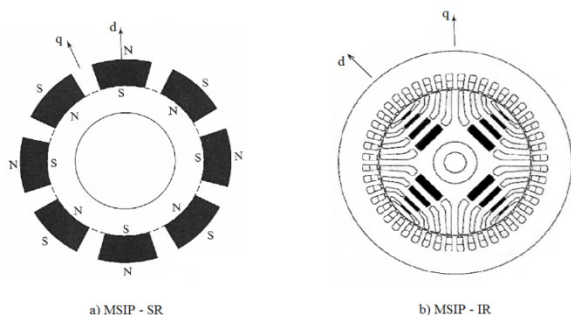


Figura 2 – Variantes Construtivas de MSIP: a) [12], b) [8]

Em termos construtivos, há a salientar a maior vulnerabilidade às forças centrífugas dos ímanes na variante SR (particularmente crítico nas altas velocidades). No caso IR, é necessária a inclusão de barreiras de fluxo (Figura 2-b)), o que introduz uma complexidade superior na sua manufatura [11].

As consequências mais importantes das diferenças construtivas das variantes anteriores são as seguintes [4]:

- O circuito magnético IR apresenta características anisotrópicas ($L_d \neq L_q$) [L_d -coeficiente de autoindução longitudinal do enrolamento induzido; L_q -coeficiente de autoindução transversal do enrolamento induzido], mais concretamente, **anisotropia inversa** ($L_d < L_q$), uma vez que a permeabilidade magnética (μ) dos ímanes é aproximadamente igual à do ar (μ_0);
- Como tal, o binário desenvolvido tem duas componentes: uma resultante da interação do campo magnético fixo e do campo de reação do induzido; uma segunda componente resultante do binário de anisotropia \Rightarrow maior capacidade de sobrecarga mecânica em toda a gama de velocidades, bem como menor influência do aumento de temperatura, uma vez que este ocorre essencialmente no estator [8], [11].

Torna-se claro o maior potencial de aplicação da configuração IR. É também de salientar que as sobretensões associadas a falhas no inversor são menores, comparativamente à configuração SR. Com efeito, o valor do fluxo magnético dos ímanes é menor no caso IR, atendendo à anisotropia da máquina [11].

Tabela 1 – Comparação entre MI e MSIP [3]

	MI	MSIP
Densidade de Potência	Média	Muito Boa
Rendimento Nominal	Bom	Muito Bom
Custos	Muito Bom	Mau
Fiabilidade	Muito Bom	Média
Maturidade Tecnológica	Bom	Média

4 Mapas de Eficiência

Com vista à caracterização do desempenho energético de uma determinada máquina (não necessariamente elétrica), é frequente a utilização de mapas de eficiência. Trata-se de representações bidimensionais (curvas de nível) do rendimento da máquina no plano (binário, velocidade). É importante referir que são representações estáticas, isto é, os valores do rendimento estão associados apenas a regimes permanentes de funcionamento. A título de exemplo, a Figura 3 apresenta um mapa de eficiência de um MI.

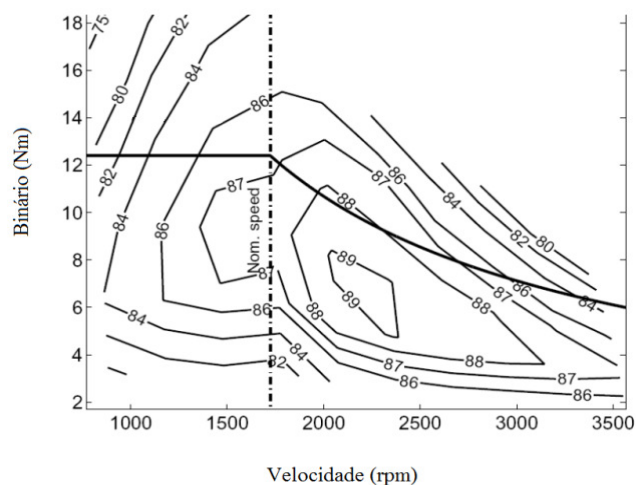


Figura 3 – Mapa de eficiência do motor de Indução com regulação de fluxo convencional [13]

Na Figura 4 estão representadas as zonas de rendimentos elevados (>85%), tipicamente associadas aos MSIP, MI e MRC.

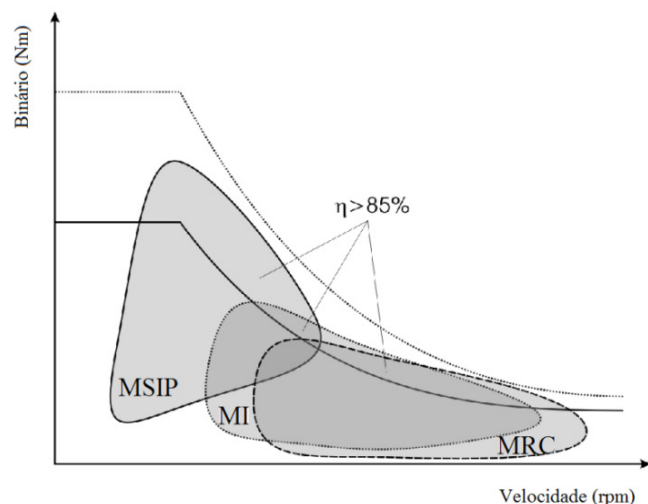


Figura 4 – MSIP, MI e MRC: Zonas de funcionamento com elevados rendimentos [3]

Naturalmente, serão as características do ciclo de condução que delimitam a zona de funcionamento no plano (*binário, velocidade*). No caso do MSIP, é visível que na vizinhança da velocidade nominal e na parte inicial da zona de enfraquecimento de campo estão concentrados os valores de rendimento mais elevados; no caso do MI, os maiores rendimentos situam-se entre as áreas correspondentes ao MSIP e ao MRC (mais próxima deste último), na zona de enfraquecimento de campo. Daqui ressalta que o tipo de percurso em causa (citadino, estrada ou misto) tornará mais favorável a opção por um determinado tipo de motor.

Poder-se-ão considerar algumas formas de contornar as limitações anteriores. Uma hipótese evidente será a de incluir um sistema de engrenagens, possibilitando o funcionamento do motor em regimes de carga com elevados rendimentos, na gama de velocidades pretendida [13]. No caso dos MSIP, há também a vantagem de poder ser eliminada a implementação de algoritmos de enfraquecimento de campo (regulação da componente i_d da corrente estática), os quais implicam uma maior complexidade em termos de controlo, bem como o perigo de desmagnetização. No entanto, é bem conhecida a influência da massa dos VH e VE sobre as suas características (dinâmicas, autonomia, maior complexidade,...). Como tal, compreendem-se os esforços que têm vindo a ser desenvolvidos na procura de soluções que possam simplificar a estrutura mecânica, sobretudo nos VE [13].

De facto, na literatura especializada há inúmeros exemplos de trabalhos sobre esta temática, desenvolvidos nos últimos anos. A conceção/ novos materiais aplicados nos motores [6] e o desenvolvimento de algoritmos de minimização de perdas [14] enquadram-se nos esforços referidos.

5 Algoritmos de Minimização de Perdas para MI

Embora exista uma grande quantidade de algoritmos de minimização de perdas (AMP) que têm sido desenvolvidos para os MI, MSIP e MRC, este é um assunto que continua a merecer a atenção de vários investigadores – veja-se o elevado número de exemplos referidos em [7] e [14], apenas para MI.

Atendendo ao reforço do interesse dos MI em VE, apresenta-se uma breve referência aos AMP para estas máquinas.

Em termos gerais, os AMP assentam na resolução de problemas de otimização, pelo que, dependendo da formulação matemática, há diversas metodologias que podem ser aplicadas na sua resolução (determinísticas, heurísticas, lógica difusa, “machine learning”, ...). A velocidade de convergência (determinante em aplicações em tempo-real) e precisão da solução, bem como a sensibilidade à variação dos parâmetros do motor são fatores críticos a considerar no desenvolvimento dos AMP [14].

A Figura 5 apresenta uma estrutura relativa à classificação de AMP: são de destacar os métodos “Offline” e “Online”.

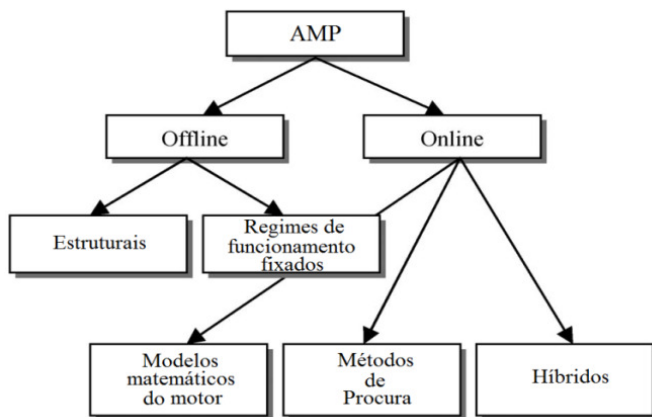


Figura 5 – Categorias de AMP para MI [14]

Os métodos “Offline” assentam na otimização das características da máquina (melhorias no projeto, utilização de materiais de melhor qualidade) ou no conhecimento prévio de regimes de funcionamento previstos para o motor.

Estando a máquina em funcionamento, não é possível qualquer regulação do valor das perdas. Como tal, a eficácia da sua aplicação está dependente da verificação das condições inicialmente previstas, pelo que não são as metodologias convenientes para aplicações em VH e VE.

As metodologias “Online” baseiam-se no conhecimento dos valores instantâneos – *por medição direta ou através de*

estimadores de estado – das grandezas físicas que caracterizam o funcionamento do motor (tensões, correntes, fluxos magnéticos, velocidade, ...).

Podem ser agrupadas do seguinte modo [7], [14]:

- Algoritmos baseados em modelos matemáticos do motor (estáticos ou dinâmicos), a partir dos quais se extraem expressões analíticas para as perdas – *funções de custo a minimizar*. A influência das variações dos seus parâmetros é determinante na eficácia destes algoritmos. A monitorização de tais variações representa um desafio complexo (em geral, não sendo possível a sua medição, procura-se obter estimações dessas variações). Como tal, o desenvolvimento de AMP com menor sensibilidade às alterações dos parâmetros reveste-se de grande importância.
- Métodos de procura (*search controllers of minimum losses*). Não dependem de qualquer modelo do motor, pelo que são imunes às variações dos seus parâmetros. Para um determinado valor de carga (definida pelo binário e velocidade), a potência absorvida é reduzida para o valor mínimo que garanta os requisitos impostos pela carga. Em geral, o tempo de convergência da solução é superior ao dos algoritmos anteriores.
- Métodos híbridos (combinações dos anteriores, com vista a reunir as vantagens de ambos).

A zona de baixas velocidades, onde tipicamente o fluxo é mantido no valor nominal, é a que apresenta maior potencial para aumentos do rendimento, tal como é perceptível na figura 4. Em particular, para cargas reduzidas, aquele valor de fluxo é normalmente excessivo, pelo que se torna possível reduções apreciáveis nas perdas no ferro, sem comprometer as condições impostas pela carga.

Com efeito, uma boa parte dos AMP desenvolvidos para MI assenta na otimização do fluxo magnético nas velocidades mais baixas. Deste modo, torna-se possível o funcionamento com elevados níveis de rendimento, numa extensa gama de velocidades.

6 Conclusões

As aplicações associadas à tração impõem cenários de funcionamento muito díspares entre si. Independentemente do tipo de motor elétrico selecionado, haverá a considerar necessidades de funcionamento sob múltiplos regimes de carga, incluindo sobrecargas, nos modos motor e frenagem, com rendimentos necessariamente distintos. As condições impostas aos motores nestas aplicações são muito exigentes, a vários níveis (elétricas, térmicas, mecânicas, ambientais, ...).

Até agora, os MSIP têm sido a escolha preferencial para os sistemas de propulsão dos VH e VE, principalmente dos primeiros. As elevadas densidades de potência e binário, bem como os altos rendimentos nominais, estão na base desta opção.

Entre outras opções, os MI possuem uma sólida tecnologia de fabrico, aliada a várias características (simplicidade, robustez e custo) que os tornam sérios candidatos para a propulsão dos VH e VE.

A atual situação relativa ao comércio dos elementos de terras-raras (preços elevados e dificuldade em aceder a estas matérias primas), poderá mudar o posicionamento dos MSIP como primeira escolha para os sistemas de propulsão elétrica. É de prever, a curto e médio prazo, um aumento do interesse por motores que prescindem de terras raras, de que são exemplos os MRC e os MI. Entre vários aspetos, a melhoria dos rendimentos e densidades de potência dos MI (*conjugação da fase de projeto com a utilização de novos materiais*) e a procura de novos AMP (*permitindo aumentar o espectro das velocidades associadas a elevados rendimentos*) poderão ser ainda mais estimulados, com vista a fortalecer a opção pelos MI na propulsão elétrica.

Bibliografia

- [1] Bucherl, Dominik et al. "Comparison of Electrical Machine Types in Hybrid Drive Trains: Induction Machine vs. Permanent Magnet Synchronous Machine", Proceedings of the 18th International Conference on Electrical Machines, 2008.
- [2] Miller, Peter "xEV market trend and prospect", IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC), 2012.
- [3] Finken, Thomas et al. "Comparison and design of different electrical machine types regarding their applicability in hybrid electrical vehicles.", Proceedings of the 18th International Conference on Electrical Machines, 2008.
- [4] Melo, Pedro "Características e Tipos de Motores em Veículos Eléctricos", Revista Neutro à Terra, Nº 4, Outubro de 2009.
- [5] Bazzi, Ali M., Krein, Philip T. "Comparative Evaluation of Machines for Electric and Hybrid Vehicles Based on Dynamic Operation and Loss Minimization", IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 2010.
- [6] Morimoto, Masayuki "Rare Earth Free, Traction Motor for Electric Vehicle", IEEE International Electric Vehicle Conference (IEVC), 2012.
- [7] Lim, S. and K. Nam "Loss-minimising control scheme for induction motors. IEE Proceedings - Electric Power Applications", Vol.151, No.4, pp. 385-397. 2004.
- [8] Pellegrino, Gianmario et al. "Comparison of Induction and PM Synchronous motor drives for EV application including design examples", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol.23, No99, pp. 107-115, 2012.
- [9] Chin, Y.K., Soulard, J. "A Permanent Magnet Synchronous Motor for Traction Applications of Electric Vehicles", IEEE International Electric Machines and Drives Conference (IEMDC), 2003.
- [10] Poole, R., "Rare earth metals in short supply?", IET E&T, Vol. 7 issue 4, 23rd April 2012, <http://eandt.theiet.org/magazine/2012/04/releasingthe-rare-earths.cfm>
- [11] Vagati, A. et al. "Comparison between SPM and IPM motor drives for EV application", XIX International Conference on Electrical Machines - ICEM 2010.
- [12] Krishnan, R., "Electric Motor Drives – Modeling, Analysis and Control", Prentice Hall, 2001.
- [13] Amrhein, Marco et al. "Evaluation of a Re-Rated Induction Machine", IEEE International Conference on Electric Machines and Drives, 2005.
- [14] Bazzi, Ali M., Krein, Philip T. "Review of Methods for Real-Time Loss Minimization in Induction Machines", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol.46, No.6, pp. 2319-2328, 2010.

LABORATÓRIO DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE ENERGIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

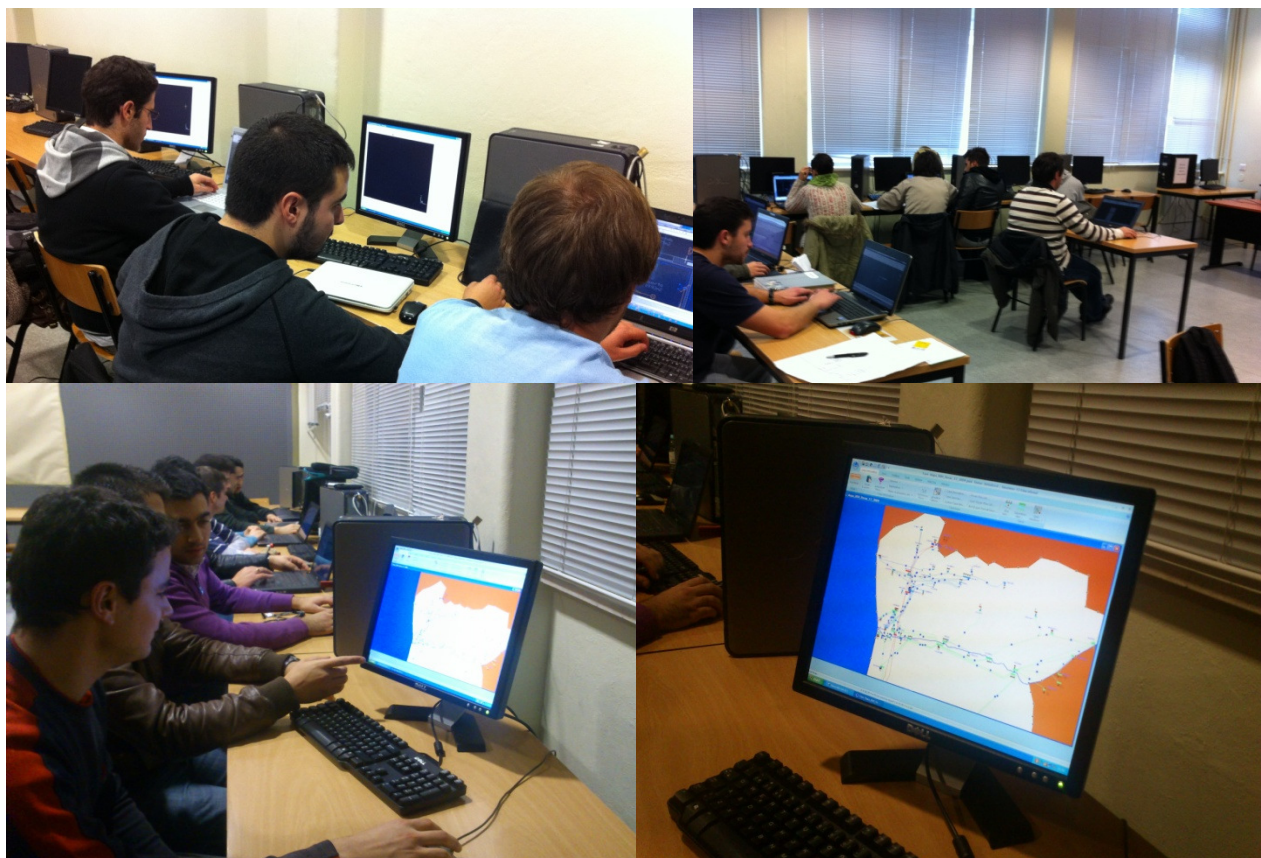
Os Laboratórios de Informática de Sistemas Eléctricos de Energia tiveram a sua origem no início dos anos 2000 e localizam-se no segundo piso do edifício I. Foram criados 4 laboratórios com as seguintes designações:

- Laboratório de Aplicações Computacionais e Sistemas de Energia
- Laboratório de Análises de Sistemas Eléctricos
- Laboratório de Projeto e Cálculo de Sistemas de Energia
- Laboratório de Informática para Sistemas Eléctricos de Energia

Cada um dos Laboratórios está equipado com dez bancadas de trabalho compostas por computadores com um vasto conjunto de software que dá suporte a diferentes atividades letivas dos Cursos de Licenciatura e Mestrado em Sistemas Eléctricos de Energia e Mestrado em Energias Sustentáveis.

As unidades curriculares que funcionam nestes laboratórios pertencem a um vasto leque de áreas científicas que se estendem desde o projeto e cálculo de instalações eléctricas, projeto de iluminação, análise, simulação da operação e planeamento de sistemas eléctricos de energia, energias renováveis e distribuição de energia eléctrica.

Destaca-se a possibilidade de implementação de projetos de instalações eléctricas através de software dedicado, simulação com possibilidade de análise do funcionamento de redes eléctricas de transporte de energia eléctrica com o software *PowerWorld Simulator*.



Infraestruturas de Telecomunicações. Grandes Projetos.

1. Introdução

Decorridos três anos após a publicação da 2ª edição das Prescrições e Especificações Técnicas das Infraestruturas de Telecomunicações em Edifícios (Manual ITED), verificou-se uma melhoria substancial não só na oferta de prestação de serviços por parte dos operadores como uma maior flexibilidade de exploração por parte dos utilizadores.

Com efeito, a publicação do DL 123/2009, com a respetiva redação conferida pelo DL 258/2009, não sendo uma legislação de rutura face ao anterior DL 59/2000 veio, uma vez mais, elevar os índices de qualidade das instalações e promover o desenvolvimento tecnológico no setor das comunicações eletrónicas.

Convém não esquecer que a publicação da legislação mencionada não se baseou em trazer “mais do mesmo”, pelo contrário, trouxe inovação e exigência de rigor e profissionalismo por parte dos profissionais do setor, sejam eles projetistas, instaladores ou fabricantes.

A instalação obrigatória de fibra ótica marcou, inquestionavelmente, um marco de viragem na promoção e potencialização de infraestruturas capazes de albergar novos serviços com larguras de banda cada vez maiores, face à globalização dos sistemas de comunicação. Muitos foram os que “levantaram o dedo” em tom de protesto acalorado face à introdução da fibra ótica, à atualização de classes de ligação mais exigentes, à exigência de introdução de equipamentos ativos (até então de grandes dimensões), bem como à colocação de Armários de Telecomunicações Individual e de Edifício (ATI e ATE, respetivamente) de dimensões consideravelmente superiores. Paulatinamente, e com a distância temporal entretanto verificada, emerge, agora, uma resignação generalizada face às reais vantagens da nova geração das infraestruturas de comunicações eletrónicas.

À qualidade das soluções técnicas de telecomunicações está, naturalmente, associada à qualidade dos técnicos projetistas, bem como às soluções técnicas dos fabricantes. A exigência (entenda-se: obrigatoriedade!) de formação/atualização de conhecimentos dos técnicos responsáveis foi, também, um dos “pomos da discórdia”, decorrentes da publicação do DL 123/2009. “Saber não ocupa espaço”, diz o povo na sua sabedoria popular. Porém, muitos foram os técnicos que, de forma resignada mas contestativa frequentaram os cursos de formação atualizantes. Alguns, por ventura, deram o tempo por perdido, face aos novos conhecimentos adquiridos, contudo, e com base em dados fornecidos por uma das empresas de formação, a grande maioria dos técnicos valorizou o curso frequentado e a aquisição de novos conhecimentos a aplicar nos projetos e soluções técnicas de comunicações eletrónicas. Neste domínio tão sensível, o legislador deste setor, uma vez mais, teve uma visão de futuro não se deixando influenciar por contestações próprias de aversão à mudança.

O futuro é já amanhã, e novas áreas de intervenção surgirão com toda a certeza pelo que, seguramente, não será excluída a possibilidade de complementar as regras atualmente existentes.

O presente artigo, mais que do que a preocupação das soluções técnicas a aplicar nos projetos de telecomunicações, visa, fundamentalmente, uma reflexão séria do estado atual dos projetos de telecomunicações em Portugal, bem como uma referência particular à diferenciação das soluções técnicas a apresentar. Assim, é com especial louvor que agradecemos a preciosa colaboração da TELEVIS, que se tem pautado como uma das empresas de excelência na área das comunicações eletrónicas em Portugal.

2 Projeto de Telecomunicações: Grande ou Pequeno?

O que define na prática um grande projeto de um “pequeno projeto”? Será o valor total com o custo de material e mão-de-obra? Ou será um edifício com muitos fogos ou com área elevada? Poderá uma moradia unifamiliar ser considerada um “grande projeto”?

Convém, pois, desmistificar à partida, o conceito de “grande ou pequeno projeto”.

Poder-se-á afirmar que um “pequeno projeto”, não obstante a área ou o número de fogos do mesmo, se confina a uma solução técnica minimalista, ou seja que apenas considere a solução mínima exigida pela 2ª Edição do Manual ITED (partindo do princípio que são apresentados os cálculos de sinal audiovisual e dimensionamento de tubagem). Pouca contribuição técnica e tecnológica é conferida ao projeto.

Assim, e por “grande projeto”, poderá estar subentendida uma solução técnica que, apoiada na legislação vigente é dada uma solução técnica que preenche os requisitos reais de utilização e ocupação dos espaços, com uma preocupação premente em estabelecer uma solução económica mas tecnicamente exigente. Por norma, o projetista impõe uma solução com maior contribuição de equipamentos e soluções tecnológicas. Tipicamente, o custo pelo projeto reflete as reais horas de dedicação à realização do mesmo como as deslocações e acompanhamento em obra.

Quando confrontado com a realização de projetos de telecomunicações os projetistas têm de escolher um de dois caminhos, conforme representado a Figura 1.

Ou se envereda por uma solução com preço baixo, impraticável, sem a devida conduta profissional associada à realização do mesmo ou, por outro lado, apresenta uma solução praticável com o exigido pelo Manual ITED e com o preço que reflita não só os honorários referentes à realização do projeto, como também ao devido acompanhamento da obra por parte do técnico responsável. Há, pois, que saber escolher bem!

3 Projeto de Telecomunicações: Soluções para Hotelaria

Como exemplo de instalações diferenciadas das de habitação e serviços poderá ser, por exemplo, os projetos de telecomunicações para Hotelaria.

Neste tipo de instalações uma das maiores preocupações dos promotores é a disponibilização de canais de televisão aos seus clientes. Atualmente e, tendo em vista a redução de custos, cada vez mais os promotores procuram serviços de televisão sem necessidade de mensalidades. Tal serviço poderá ser disponibilizado via receção SMATV (acrónimo da definição anglo-saxónica: *Satellite Master Antenna Television*). Para tal, deverão ser projetados com rigor todos os equipamentos que asseguraram a receção e distribuição de sinal SMATV.



Figura 1 – Caminho de escolha na execução de projetos de telecomunicações (cortesia TELEVÉS)

Assim, e uma forma de proporcionar canais atrativos aos clientes (canais PREMIUM), seria, por exemplo, prever apenas esses canais em espaços públicos (zonas de bares e salas de jogo) que potenciem o convívio e a venda de bebidas e comida, conforme representado na Figura 2.

Nos quartos e restantes espaços privados poderiam ser disponibilizados os canais totalmente gratuitos via satélite ... s e m m e n s a l i d a d e s .

Desta forma há uma economia nas mensalidades de canais PREMIUM com a devida vantagem de potenciar outros negócios associados.

Atualmente existe em “canal aberto” uma panóplia de canais que cobrem grande parte do interesse da generalidade das pessoas, desde programas infantis, de entretenimento, desporto, generalistas internacionais, documentários, filmes, informação, música, etc. Assim, e de acordo com o perfil e gostos dos clientes, poderão ser disponibilizados os canais que são totalmente gratuitos via SMATV, muitos deles pertencentes a programas dos Operadores.

Projetar a receção de canais livres de satélite conduzirá, naturalmente, a uma poupança substancial dos hotéis em mensalidades.

A Figura 3 apresenta um esquema típico de solução técnica para este tipo de projetos apresentada pela TELEVÉS.

A solução apresenta uma receção da Televisão Digital Terrestre (TDT) e antena parabólica para receção de canais satélite (SMATV). Este sistema poderá igualmente integrar outras áreas tais como vídeo-portarias e sistema fechado de televisão. Tipicamente, o Armário de Telecomunicações de Edifício Superior poderá representado por um bastidor com as dimensões adequadas ao número total de programas a disponibilizar.

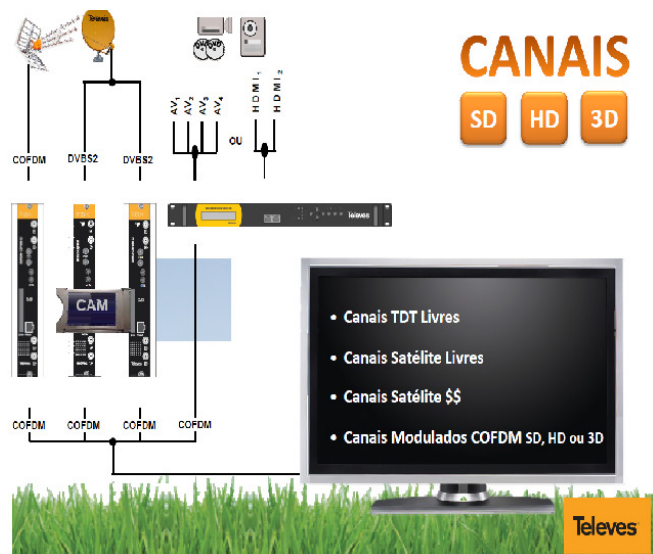


Figura 3 – de receção conjunta de TDT e SMATV (cortesia TELEVÉS)



Figura 2 – Exemplo de distribuição de canais PREMIUM em espaços públicos para rentabilizar outros negócios (cortesia TELEVÉS)

4 IPTV? Mais valia ou Moda

O IPTV (*Internet Protocol Television*) é um novo método de transmissão de sinais televisivos. Assim como o VOIP (Voz sobre IP), o IPTV usa o protocolo IP (*Internet Protocol*) como meio de transporte do conteúdo.

O IPTV permite a entrega de áudio e vídeo com alta qualidade, e depende de uma conexão Banda Larga. A banda destinada ao IPTV não interfere na banda de internet.

O conceito de IPTV, não é mais do que a conectividade da TV com a internet usando, porém, uma infraestrutura dedicada, paralela à da internet, justamente para garantir a qualidade e velocidade do serviço. Assente, portanto, no uso de cabos de par de cobre.



No entanto uma questão se poderá colocar:

O Cabo coaxial terá, ou não, maior qualidade de transmissão que o par de cobre?

A Figura 4, cortesia TELEVÉS, apresenta uma comparação sucinta entre a utilização de cabo coaxial e par de cobre.

Conforme se pode observar o cabo coaxial apresenta um melhor desempenho face à utilização do cabo em par de cobre, quase na totalidade dos itens apreciados.

A substituição do cabo coaxial pelo par de cobre para distribuição de sinais áudio visuais estará longe de ser substituída, pelo que, naturalmente se recomenda a sua utilização.

CABO COAXIAL		IPTV – PAR DE COBRE		
	✓	Recursos	!	
	✓	Imunidade	✗	
	✓	Manutenção	✗	
	✓	Qualidade de sinal	✓	
	✓	Fiabilidade	✗	
	✓	Rapidez	✗	
	✓	Canais livres	✓	
	✓	Canais por subscrição	✓	
	✓	Conteúdos internos	✓	
	✓	Economia	✗	
	✓	Satisfação	!	
	✓	Controlo remoto	✓	
	!	VOD	✓	
	✗	Interactividade	✓	

Televes

Figura 4 – IPTV – Cabo coaxial versus Par de Cobre (cortesia TELEVÉS)

4 Conclusões

O projeto de telecomunicações não é, desde há muito tempo, um “simples” projeto que se repete em cada instalação, onde apenas se muda o nome do requerente. É, seguramente, muito mais que isso, em que as soluções apresentadas pelos fabricantes auxiliam as opções tomadas pelos projetistas. Ambas as partes estão intimamente ligadas pelo projeto, sem projetos tecnologicamente ambiciosos não existem fabricantes que se dediquem à investigação em desenvolvimento de novos produtos.

Sem a apresentação de novos equipamentos tecnológicos não poderão ser preconizados projetos que, de forma economicamente sustentada, garantam a satisfação final do cliente, respeitando os critérios mínimos estabelecidos em legislação. Retornamos, pois, ao ponto de partida, a formação dos técnicos, a todos os níveis, ética e profissional.

Só o aprofundamento e consolidação de conhecimentos garantem a mestria da realização de projetos de comunicações eletrónicas funcionais e vanguardistas. Uma formação sólida de ética profissional contribuirá, decisivamente, para que os técnicos se possam cobrar de forma justa e decente os honorários referentes à sua real prestação de serviço.

No quadro atual de desenvolvimento económico é de prever que as instalações que possam ser mais visadas, em termos de projetos e instalações de telecomunicações, sejam os edifícios já existentes (remodelações que necessitem de atualização de tecnologia) e grandes empreendimentos essencialmente turísticos, pelo que a procura e conhecimento de soluções técnicas/económicas adequadas será preponderante para o setor do projeto/instalação das infraestruturas de telecomunicações.



CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO PÓS-GRADUADA EM Sistemas de Segurança, Gestão Técnica e Domótica

OBJETIVOS

Promover competências aos pós-graduados no âmbito do projeto, execução e exploração de instalações de segurança.

DESTINATÁRIOS

O curso destina-se a arquitetos, engenheiros e engenheiros técnicos.

As competências conferidas pelo curso são particularmente interessantes para projetistas, responsáveis pela execução e exploração de instalações de segurança, assim como profissionais interessados, em geral na área da segurança e, em particular da segurança contra incêndio em edifícios.

ESTRUTURA DO CURSO

- Segurança Contra Incêndio em Edifícios
- Videovigilância e Controlo de Acessos
- Sistemas Automáticos de Detecção de Intrusão
- Instalações em Edifícios Inteligentes

CREDENCIAÇÃO

O curso é reconhecido como formação habilitante de técnicos responsáveis pela elaboração de projetos e planos de SCIE da 3ª e 4ª categoria de risco pela Autoridade Nacional de Protecção Cívil.

LOCAL

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431, 4200-072 Porto

Tel. 228 340 500 – Fax: 228 321 159

Info: jbc@isep.ipp.pt

A Segurança Contra Incêndio em Edifícios (SCIE). e o Projeto de Instalações Elétricas.

Resumo

Neste artigo referem-se alguns aspetos a considerar no projeto de instalações elétricas relacionados com a SCIE (Segurança Contra Incêndios em Edifícios) e a legislação atualmente em vigor (DL 220/2008 e Portaria 1532/2008). São abordados, entre outros, alguns cuidados a ter em relação a: alimentação elétrica, fontes locais e centrais de energia de emergência (UPS, grupos geradores), quadros elétricos, ascensores, iluminação de segurança, deteção de incêndio, deteção de gases tóxicos e combustíveis, Matriz de Segurança.

1. Introdução

A atual legislação de segurança contra incêndio em edifícios e recintos contempla o Decreto-Lei 220/2008, de 12 de Novembro de 2008, que contém o Regulamento Jurídico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios (RJ-SCIE) e demais portarias e despachos complementares, entre as quais a Portaria 1532/2008, de 29 de Dezembro de 2008, com o Regulamento Técnico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios (RT-SCIE).

Algum tempo antes, tinha sido publicado na Portaria n.º 949-A/2006 de 11 de Setembro de 2006, as Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão (RTIEBT).

Estes novos regulamentos inserem-se numa reformulação e atualização da legislação anterior, referente a estes sectores (instalações elétricas e segurança contra incêndio) que careciam de ser modernizadas e compatibilizadas. Esta oportunidade histórica para compatibilizar e modernizar regulamentos de áreas complementares, acabou por não conseguir atingir, na sua totalidade, os objetivos inicialmente propostos, ficando ainda alguns pontos que carecem de ser melhorados. Mas este foi, certamente, um passo dado na direção certa.

2. A SCIE e o projeto de Instalações Elétricas

Tradicionalmente, coube muitas vezes aos engenheiros eletrotécnicos assumirem o ónus do projeto de Segurança Contra Incêndio em Edifícios (SCIE). Tal facto decorre de as primeiras medidas de SCIE a serem implementadas passarem precisamente pelos projetos de Instalações Elétricas (IE).

As medidas mais antigas, no âmbito das medidas ditas ativas, consistem na iluminação e sinalização de emergência, assim como na deteção automática de incêndio. Estas medidas inserem-se, naturalmente, no projeto de instalações elétricas.

Assim sendo, podemos afirmar que os primeiros técnicos de SCIE a assumirem a problemática da segurança contra incêndio foram os projetistas de instalações elétricas. Não que os arquitetos ou os engenheiros de outras especialidades não tivessem igualmente preocupações neste âmbito, mas acabaria por ser no projeto de instalações elétricas que recaíram muitas vezes as preocupações de segurança contra incêndio.

Outras questões que afetam os projetistas (arquitetos e engenheiros civis) e principalmente nas medidas ditas passivas, são o dimensionamento de caminhos de evacuação e saídas de emergência, compartimentação corta-fogo, reação ao fogo dos materiais e resistência da estrutura ao fogo. Há ainda a considerar os responsáveis pelas instalações hidráulicas (redes de combate a incêndio utilizando água) e os engenheiros mecânicos (sistemas de controlo de fumo). Na verdade, a SCIE acaba por estar distribuída por todas as especialidades, sem se poder atribuir especial incidência a nenhum em particular.

Seguidamente iremos focar a nossa atenção em alguns aspetos particulares do Regulamento Técnico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios (RT-SCIE) no que respeita ao projeto de instalações elétricas.

3. Aspetos particulares do projeto de instalações elétricas na ótica da segurança contra incêndio em edifícios

O título V do RT-SCIE, portaria 1532/2008 (adiante todas as referências a artigos serão por defeito respeitantes a este regulamento técnico), é dedicado às Condições gerais das instalações técnicas, onde se incluem as IE.

No artigo 69.º pode ler-se que *“As instalações técnicas dos edifícios e dos recintos devem ser concebidas, instaladas e mantidas, nos termos legais, de modo que não constituam causa de incêndio nem contribuam para a sua propagação, devendo satisfazer as exigências expressas neste título.”*

Assim e se mais nenhuma indicação houvesse, seguindo a regra básica da segurança, utilizar “bom senso”, pouco mais haveria a indicar nesta legislação.

3.1 Isolamento de locais afetos a instalações elétricas

O artigo 70.º obriga a que os transformadores de potência, os grupos geradores, as baterias de acumuladores de capacidade superior a 1000 VAh e as unidades de alimentação ininterrupta de energia elétrica cuja potência aparente seja superior a 40 kVA sejam instalados em locais separados dos restantes espaços do edifício por elementos de construção que garantam as classes de resistência e de reação ao fogo previstas para os locais de risco C, respetivamente, no n.º 1 do artigo 21.º e no artigo 41.º, ou seja, envolvente (paredes e lajes) com resistência ao fogo padrão de no mínimo REI/EI 60 e portas E 30 C; paredes e tetos revestidos com materiais da classe de reação ao fogo A1 e nos pavimentos A1FL.

Sempre que, nestes locais, a potência seja superior a 250 kW, a classificação destes locais aumenta de nível de segurança (locais de risco C agravado) passando a envolvente a ter de garantir os índices REI/EI 90 (para paredes, lajes e tetos) e as portas a ser no mínimo E 45 C.

A experiência aconselha a que sejam usadas portas no

mínimo EI 60 C (ou seja, estanques e com isolamento térmico durante no mínimo 60 minutos e de fecho automático). Apenas se poderá considerar portas de nível inferior quando estas forem economicamente mais vantajosas; o que nem sempre acontece, pois o índice de 60 minutos costuma ser o valor mínimo no estrangeiro.

Quando a potência total for superior a 250 kW, os equipamentos devem ficar localizados ao nível do plano de referência, na periferia do edifício e sem comunicação direta com locais de risco B, D, E ou F. Este artigo 70.º, assim como o artigo 74.º (grupos geradores) restringe os locais de instalação destes equipamentos.

Esta questão é sempre bastante complexa, na definição dos espaços alocados a áreas técnicas, pois os arquitetos usualmente preferem remeter estes locais para caves ou por vezes para a cobertura dos edifícios.

Estes espaços devem ser ventilados, nas condições referidas no artigo 71.º, que resumidamente impõe a ventilação direta para o exterior de PT em edifícios da 4ª categoria de risco, ou quando houver baterias de acumuladores com potência superior a 40 kVA.

Os transformadores de potência e os grupos geradores poderão também ser instalados ao ar livre, em espaços delimitados por barreiras físicas que inviabilizem a entrada ou interferência de pessoas, com exceção do pessoal técnico especializado adstrito à sua exploração ou manutenção. Deverão ser sempre devidamente sinalizados.

3.2 Fontes locais e centrais de energia de emergência

É obrigatório a existência de fontes centrais de energia de emergência, que garantam a alimentação de energia elétrica a equipamentos e instalações afetas à SCI, mesmo em caso de falha ou corte da alimentação da rede pública (art.º 72º).

Tal poderá ser feito com recurso a grupos eletrogéneos ou a baterias de acumuladores (UPS).

Os casos em que tal é obrigatório:

- Edifícios da 3ª ou 4ª categoria de risco;
- Edifícios da 1ª ou 2ª categoria de risco se tiverem equipamentos ou sistemas de segurança que devam permanecer em funcionamento mesmo após um incêndio (como sejam elevadores prioritários de bombeiros, portas e cortinas corta-fogo, sistemas de desenfumagem, entre outros).

O tempo durante o qual deverão estar operacionais encontra-se diretamente ligado ao tempo a que a estrutura deverá resistir a um incêndio em minutos conforme a tabela 1 (adaptada do quadro IX do art.º 15.º):

Tabela 1 – Resistência ao fogo

Utilização-tipo	Categoria de risco			
	1ª	2ª	3ª	4ª
I, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X	60(*)	60	90	120
II, XI, XII	60	90	120	180

(*) O valor mínimo é sempre de 1 hora (60 minutos) mesmo que a estrutura esteja prevista para resistir um valor de tempo (em minutos) inferior.

Notas importantes:

- tempo de arranque de grupos geradores < 15 segundos;
- só podem alimentar exclusivamente equipamentos afetos à SCI;
- podem alimentar outros sistemas desde que exista uma fonte central redundante (conforme n.º 6 do art.º 72.º);
- todos os dispositivos e equipamentos de segurança alimentados por fontes centrais de energia deverão ter proteção IP X5.

Instalações de potência reduzida poderão ser alimentadas localmente por baterias estanques dedicadas.

No entanto devem obedecer às disposições do art.º 73.º. Em particular, o tempo de autonomia deve ser adequado às instalações ou sistema que alimentam. No caso das Centrais de Detecção de Incêndio (CDI), por exemplo, a autonomia não pode ser inferior a 72 horas. Mas tal já faz parte da norma europeia que regula estes sistemas, a EN-54.

Quando as fontes centrais são compostas por grupos geradores acionados por motores de combustão (art.º 74º):

- Devem estar localizadas em piso não inferior à cave -1 nem superior a 28 m altura;
- Em local classificado de risco C (devidamente isolado e compartimentado);

- A evacuação dos gases de escape deve ser feita para o exterior por condutas estanques da classe A1;
- Só são permitidos no local um máximo de 15 l (alimentação por gravidade) ou 50 l (alimentação por bombagem) se o combustível líquido tiver ponto de inflamação < 55º C;
- Se o combustível líquido tiver ponto de inflamação >= 55º C poderá existir até 500 l no local;
- Os depósitos e reservatórios com combustível que estejam no exterior devem estar afastados 5 m do edifício;
- Deve existir SEMPRE baía de retenção para depósito e tubagens com capacidade correspondente à quantidade de combustível.

No caso das UPS (art.º 75º), estas devem estar em compartimentos adequados, devidamente sinalizados e com botoneira de corte:

- No local (se alimentar equipamentos até 3 salas contíguas);
- No acesso principal (nos outros casos);
- Replicação no posto de segurança.

3.3 Quadros elétricos e cortes de emergência

Os quadros elétricos (QE) devem estar instalados à vista ou em armários próprios, convenientemente sinalizados, com pictogramas fotoluminescentes adequados.

Quando instalados em locais de risco B, D, E ou F, e em vias de evacuação, devem:

- Possuir invólucros metálicos se tiverem potência > 45 kVA e < 115 kVA;
- Ser embebidos em alvenaria e ter portas da classe E 30 se tiverem potência > 115 kVA.

A potência de cada quadro corresponde ao somatório das potências nominais dos aparelhos de proteção dos alimentadores que lhes possam fornecer energia simultaneamente.

No posto de segurança das utilizações-tipo II a XII da 3.ª e 4.ª categorias de risco, devem existir botoneiras de corte geral de energia elétrica da rede e de todas as fontes centrais de alimentação de emergência, devidamente sinalizadas.

3.4 Proteção de circuitos elétricos

Os circuitos de alimentação das instalações alimentadas por fontes de emergência e os indispensáveis ao funcionamento de locais de risco F, devem ser independentes de quaisquer outros protegidos para que, em caso de rutura, sobreintensidade ou defeito de isolamento num circuito, a sua inoperância não perturbe os demais.

Os circuitos de alimentação de equipamento de pressurização de água para combate a incêndio e de ventiladores utilizados no controlo de fumo devem ser dimensionados para as maiores sobrecargas que os motores possam suportar e protegidos apenas contra curto-circuitos.

Os circuitos elétricos ou de sinal das instalações de segurança, incluindo condutores, cabos, canalizações e acessórios e aparelhagem de ligação, devem ser constituídos ou protegidos por elementos que assegurem em caso de incêndio, a sua integridade durante o tempo necessário à operacionalidade das referidas instalações com os escalões de tempo mínimos constantes do tabela 2 (quadro XXXIV do art.º 77.º):

Tabela 2 – Resistência ao fogo

Situações com instalação de energia ou de sinal	Maior categoria de risco da utilização-tipo por onde passa a instalação	Escalão de tempo (m)
Retenção de portas resistentes ao fogo, obturação de outros vãos e condutas, bloqueadores de escadas mecânicas, sistemas de alarme e deteção de incêndios e de gases combustíveis, ou dispositivos independentes com a mesma finalidade, e cortinas obturadoras	1ª ou 2ª	15
	3ª ou 4ª	30
Iluminação de emergência e sinalização de segurança e comandos e meios auxiliares de sistemas de extinção automática	1ª ou 2ª	30
	3ª ou 4ª	60
Controlo de fumo, pressurização de água para combate ao incêndio, ascensores prioritários de bombeiros, ventilação de locais afectos a serviços eléctricos, sistemas e meios de comunicação necessários à segurança contra incêndio, pressurização de estruturas insufláveis e sistema de bombagem para drenagem de águas residuais	1ª ou 2ª	60
	3ª ou 4ª	90
Locais de risco F	1ª a 4ª	90

3.5 Sistemas de Gestão Técnica Centralizada

Os Sistemas de Gestão Técnica Centralizada (GTC) não podem de forma alguma interferir com as instalações e sistemas de SCI; podem contudo receber informações destes sistemas e efetuar registos e outras operações, desde que não colidam com as funções dos sistemas de segurança (art.º78.º).

Descodificando: na prática é comum, em edifícios de grande complexidade, a existência de sistemas de GTC, para apoio à gestão, controlo e manutenção do edifício.

Por vezes, para além de funções meramente administrativas, de registo (log) de dados e ocorrências, podem também servir para enviar mensagens de alarme aos técnicos da manutenção (por exemplo através de SMS). O que nunca poderão é sobrepor-se ou comandar instalações de segurança, pois não foram concebidos com esse propósito nem estarão conformes com a EN-54.

3.6 Iluminação: normal e de emergência

Para além da iluminação normal, os espaços devem também ser dotados de um sistema de iluminação de emergência de segurança e, em alguns casos, de um sistema de iluminação de substituição (art.º 113.º). Excetuam-se os locais residenciais (UT I) da 1ª categoria de risco.

Nos locais de risco B, D e F, a proteção contra contactos indiretos dos circuitos de iluminação normal deve ser assegurada de modo a que um defeito de isolamento num circuito não prive o local de iluminação (art.º 79.º).

A iluminação de emergência é composta por:

- Iluminação ambiente;
- Iluminação de balizagem ou circulação.

A iluminação de balizagem ou circulação deve obedecer aos seguintes aspetos (art.º 114º):

- Lâmpadas de descarga devem possuir tempos de arranque de
 - a) 5 s para atingir 50% da intensidade de iluminação;
 - b) 60 s para atingir 100 % da intensidade de iluminação.
- Autonomia de funcionamento da iluminação com um mínimo de 15 minutos.
- Nos locais de risco B, C, D, E e F (exceto quartos, zonas de vestuários, sanitários públicos com área superior a 10 m² e os destinados a utentes com mobilidade condicionada) devem ser instalados aparelhos de iluminação ambiente.
- A iluminação de ambiente deve garantir níveis de iluminância com um mínimo de 1 lux, medido no pavimento.
- Na iluminação de balizagem ou de circulação os dispositivos devem garantir 5 lux, medidos a 1 m do pavimento ou obstáculo a identificar, e ser colocados a menos de 2 m em projeção horizontal:
 - a) da intersecção de corredores;
 - b) de mudanças de direção de vias de comunicação;
 - c) de patamares de acesso e intermédios de vias verticais;
 - d) de câmaras corta-fogo;
 - e) de botões de alarme;
 - f) de comandos de equipamentos de segurança;
 - g) de meios de primeira intervenção;
 - h) de saídas.

Quando forem utilizados Blocos Autónomos (BA) estes devem ser sempre do tipo permanente, exceto quando em locais de dormida, locais de risco D e E (art.º 115º). Em salas de espetáculos, os BA podem ter dispositivos que permitam reduzir a intensidade de iluminação, se necessário, desde que possam automaticamente retomar a intensidade normal, quando:

- for ligada a iluminação de ambiente e circulação do espaço;
- por acionamento a partir da central de alarme.

4. Outros sistemas do projeto de segurança contra incêndio em edifícios e instalações elétricas

Existem outras instalações e sistemas que carecem de atenção particular por parte do projetista de IE, em colaboração e conjugação com o projetista de SCI.

Não sendo possível neste artigo abordar em detalhe todas essas situações, lista-se seguidamente um conjunto importante, mas não exaustivo:

- sistema de proteção contra descargas atmosféricas;
- ascensores (elevadores, monta-camas, monta-pratos);
- escadas rolantes;
- sistemas Automáticos de Detecção de Incêndio (SADI);
- sistemas Automáticos de Detecção e Extinção de Incêndios (SAEI);
- sistemas Automáticos de Detecção de Monóxido de Carbono (CO).

Por último, convém referir a importância que tem a correta definição de uma Matriz de Comando que defina as ações pré-programadas, em caso de incêndio, que deverão ser comandadas a partir da central de deteção de incêndios (CDI).

Este aspeto é muito importante e deverá ser elaborado com cuidado, em conjugação com toda a equipa projetista, mas também com a colaboração da entidade exploradora, pois vai trata-se de uma componente importante das Medidas de Autoproteção, em particular, do Plano de Alarmes, de Emergência e Evacuação.

5. Conclusão

O papel de um projetista de instalações elétricas (assim como de outras especialidades) é bastante complexo, já que implica o conhecimento e aplicação de numerosos regulamentos e normas, nem sempre conciliáveis e coerentes entre si.

No caso particular da segurança contra incêndio em edifícios, atendendo à enorme responsabilidade que esta área acarreta, há que ter um especial cuidado na aplicação dos regulamentos e das regras. Em caso de dúvida, deve o técnico apelar ao “bom senso”, regra basilar da Segurança Contra Incêndio. E não só!

Daí que, para além de ser necessário um profundo conhecimento da legislação, das boas práticas e das regras da arte, como se costuma dizer, é também necessário uma grande flexibilidade e capacidade de coordenação e interligação com os outros técnicos que fazem parte da equipa projetista.

Se fosse apenas uma transcrição das regras, não seriam necessários técnicos; bastaria criar um programa de computador ou até mesmo um robot, que aplicasse de forma cega e direta os regulamentos!

Felizmente, tal não é assim, deixando espaço de trabalho aos projetistas para aplicarem os seus conhecimentos e o seu saber, ou seja, para fazerem Engenharia.

Estruturas de Fixação de Aerogeradores. Instalações Offshore.

1. Introdução

Foi de forma natural que o aproveitamento do recurso eólico evoluiu dos tradicionais parques em terra (*onshore*) para locais offshore. Se por um lado os melhores locais para instalação em terra começam a escassear, a grande disponibilidade de recurso offshore permite a disponibilidade de áreas muito elevadas para a sua exploração.

Os ventos mais fortes, no mar, associados a uma rugosidade de classe zero criam condições ideais para a instalação de geradores eólicos de potência elevada tornando assim possível uma maior produtividade, que pode compensar os inerentes custos de instalação e de operação mais elevados.

No entanto existem alguns desafios que necessitam de ser mais investigados e que estão a ser alvo de investimento, tais como as torres, os sistemas de fixação e a instalação da cablagem.

2. Situação atual e previsões futuras para a Europa

Atualmente, de acordo com dados da associação europeia de energia eólica (EWEA) estão instalados, offshore, 4,3 GW. No entanto, está previsto que para 2020 se possa chegar aos 40 GW instalados, num cenário otimista.

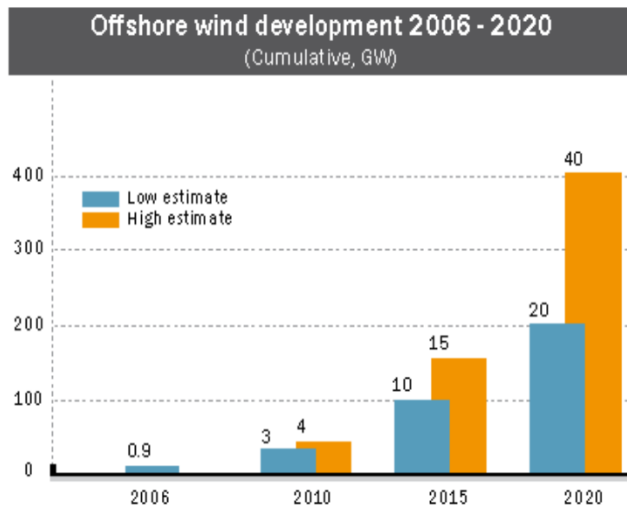


Figura 1 – Evolução do offshore até 2020 (Fonte: EWEA)

Um sinal da evolução que se tem sentido neste setor tem a ver com a dimensão dos parques offshore. Em 2007 a grande maioria dos parques eólicos offshore eram de pequena dimensão e poucos eram os que ultrapassavam, em termos de potência instalada e número de turbinas, o parque Horns Rev, instalado na Dinamarca e que possui 80 turbinas de 2 MW cada, instaladas a uma distância entre 14 e 20 km da costa e a uma profundidade que varia entre os 6 e os 12 metros.



Figura 2 – Parque eólico de Horns Rev

Em 2009 foi colocado em funcionamento o parque Horns Rev II com mais 209 MW instalados a uma distância que varia entre os 20 e os 30 km da costa e uma profundidade de 9 a 17 metros. Sendo este conjunto dos dois parques o maior complexo offshore em exploração. No entanto estão planeados e em alguns casos já em construção, parques eólicos com potências muito superiores, em países como o Reino Unido, Alemanha ou Suécia, onde se pretende explorar parques com potências instaladas superiores a 1 GW.

Com a necessidade de explorar o recurso eólico em localizações cada vez mais afastadas da costa e em águas muito profundas, torna-se imperioso desenvolver novas soluções de fixação das turbinas, de suporte e em termos dos materiais usados na conversão eólica, por forma a otimizar todo o sistema e assim reduzir os custos de instalação, exploração e manutenção dos parques.

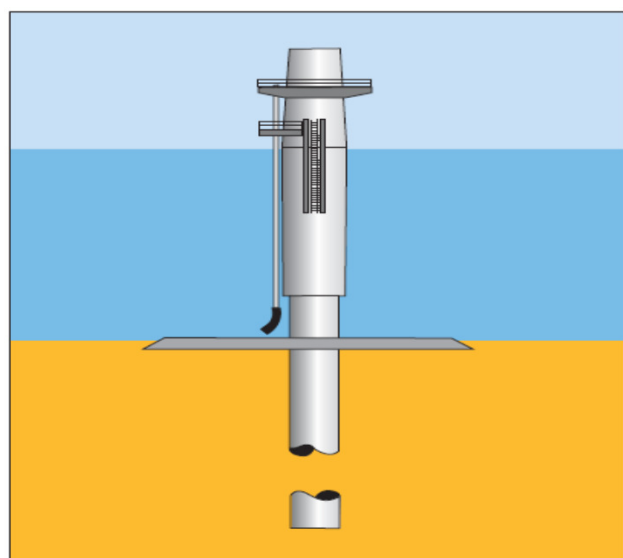
3. Fixação das Turbinas

Nos parques instalados *onshore* os sistemas de fixação das torres usados foram-se generalizando em torno de um único método, baseado numa sapata em betão, no qual depois são fixadas as torres.

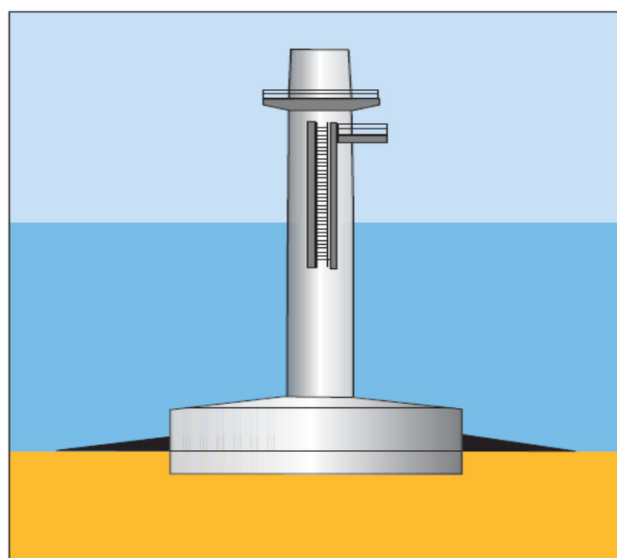


Figura 3 – Sistema de fixação de uma torre eólica onshore

No caso offshore os sistemas de fixação são variados e dependem de muitos fatores influenciados pela profundidade, pelo tipo de terreno do fundo do mar, pelo tipo de turbina a instalar e pelos custos e riscos técnicos.



Monopile



Gravity-based Structure (GBS)

Figura 4 – Fixação por monopilar e por gravidade

Os sistemas de fixação podem dividir-se em duas tecnologias, os sistemas fixos ao fundo e os sistemas flutuantes.

O primeiro tipo de tecnologia está mais desenvolvido e é muito utilizada em parques já em operação.

Os sistemas flutuantes estão ainda em fase de desenvolvimento, estando instalados alguns sistemas piloto, não se tendo ainda alcançado uma fase comercial.

Dentro da classe das fundações do tipo fixo estão desenvolvidas várias tecnologias. No entanto, podem ser classificadas em 3 tipos, fixações por monopilar, fixações por gravidade ou fixações que usam uma estrutura de pilares. Nas figuras 4 e 5 podem ser visualizadas as três tecnologias.

A maioria dos parques eólicos *offshore* em operação estão instalados a profundidades entre 20 a 25 metros e usam fundações do tipo monopilar, isto porque são relativamente simples de produzir e fáceis de instalar, tornando-se desta forma mais económicas. O segundo maior tipo de fundações é baseado em estruturas fixas por gravidade, ficando um número muito pequeno de turbinas instaladas por sistemas de fixação por estrutura de pilares.

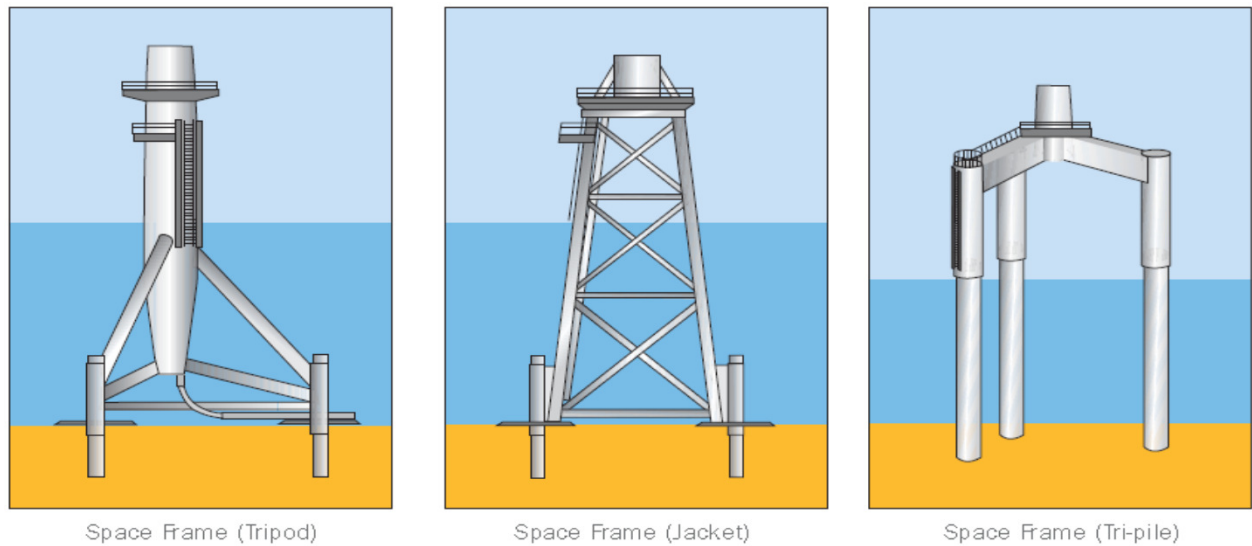


Figura 5 – Fixação por estrutura de pilares

A figura 6 apresenta o tipo de fundações usadas em parques eólicos offshore até ao ano de 2012.

O estudo prévio do fundo do mar no local da instalação é essencial pois isso vai determinar o tipo de fixação a usar e o processo de instalação, que por sua vez influenciam o método de transporte. A escolha do potencial local para o parque eólico deve ser efetuada de forma a não só escolher a melhor opção em termos técnicos mas também a que permita a viabilidade económica do parque.

3.1 Fixação por monopilar

A fixação por monopilar consiste na introdução de um pilar em aço no fundo do mar. A profundidade a que é enterrado bem como o diâmetro e espessura do pilar são determinados pela profundidade do local de instalação e pela potência do aerogerador.

Normalmente este tipo de fixação é usado para profundidades até 25 metros. Em locais mais profundos a estrutura tem tendência para tornar-se instável.

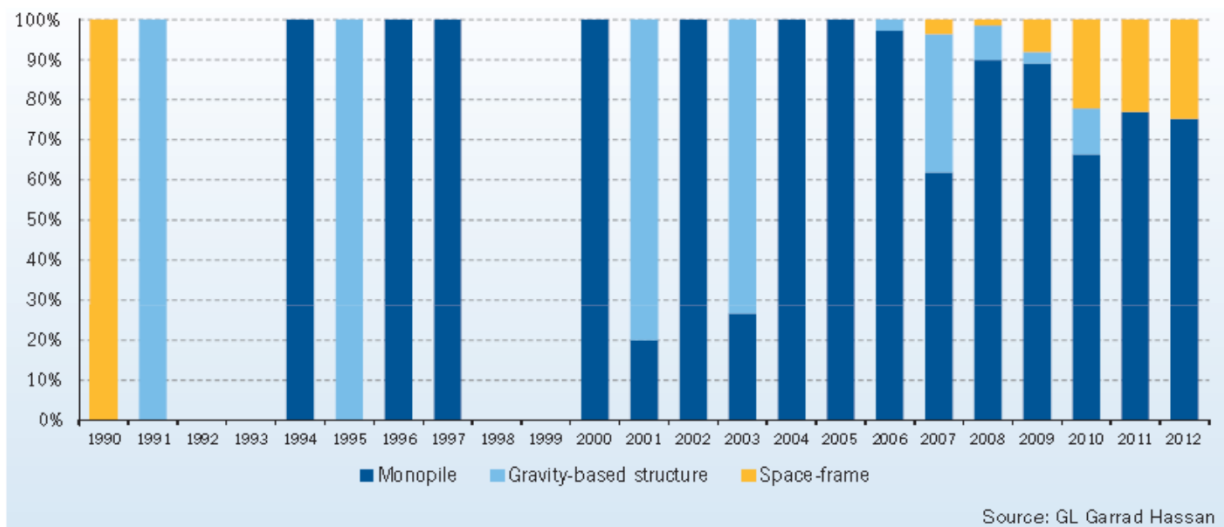


Figura 6 – Tipo de estruturas de fixação de aerogeradores em parques offshore em utilização

3.2 Fixação por bases gravíticas

Este tipo de fixação é construído em doca seca sendo depois transportado para o local de instalação. Depois de colocado no local, a base é cheia com betão ou ferro, por forma a aumentar o seu peso e assim a tornar presa ao fundo do mar.

Este tipo de fixação é adequado para profundidades até 30 metros e é dimensionada para evitar as forças de tração e de elevação existentes entre a base da estrutura e o fundo do mar.

3.3 Fixação por estrutura de pilares

A fixação por estrutura de pilares pode ser efetuada através de dois métodos, as estruturas multi-estaca e a estrutura entrelaçada, designada por *“jacket”*. Este tipo de estruturas são dimensionadas para transmitir as forças para o fundo do mar através dos vários pilares de fixação da estrutura. Por se tratar de um sistema composto por vários pilares, normalmente o diâmetro dos pilares de fixação é pequeno.

A estrutura designada por *tripod* é composta por 3 pilares ligados ao pilar central que por sua vez suporta a estrutura do aerogerador. A ligação dos pilares de fixação ao pilar central é efetuada abaixo do nível da água. A profundidade de fixação dos pilares pode ser ajustada de acordo com as características do terreno, tendo os pilares um diâmetro que, normalmente varia entre os 2 e 3 metros, ou seja, uma dimensão muito menor que a do pilar central.

Este tipo de estrutura de fixação é aconselhada para locais em que a profundidade se situa entre 20 a 50 metros.

A fixação por tripé (tri-pile) é caracterizada por três pilares que servem de base à torre do aerogerador. O ponto de ligação dos pilares à torre é feito acima do nível da água e é aconselhado o seu uso em locais com profundidade semelhante às dos *tripods*.

As estruturas entrelaçadas são compostas por 4 pilares que são conectados entre si por uma estrutura entrelaçada.

Uma das vantagens deste tipo de fixação em relação às anteriores é de necessitar de ocupar uma menor área, no fundo do mar.

Como a estrutura é entrelaçada, a dimensão dos pilares também pode ser menor, em comparação com a fixação por tripé ou tripod, reduzindo-se assim os custos da estrutura.

3.5 Sistemas flutuantes

Os sistemas flutuantes ainda estão em fase de investigação, no entanto existem já alguns protótipos instalados. Tendo como base as plataformas petrolíferas, que usam este tipo de fixação, estão a ser desenvolvidas plataformas para utilização em aerogeradores.

Este tipo de sistemas de fixação pode ser usado em águas muito profundas, o que se pode considerar uma vantagem em relação aos sistemas de fixação anteriores.

De entre os sistemas em investigação, destacam-se o *windfloat* (Figura 7), cujo protótipo foi construído e instalado em Portugal, no parque *offshore* da Aguçadoura e o *Hywind* (Figura 8), instalado a 10 km a sudoeste da costa da Noruega.



Figura 7 – Projeto Windfloat



Figura 8 – Projeto Hywind

Ambas as estruturas de fixação são flutuantes encontrando-se fixas ao fundo do mar por um sistema de amarração por âncoras. Por não estarem diretamente ligadas ao fundo do mar, podem ser aplicadas em águas com profundidade muito elevada, acima dos 100 metros.

Uma outra vantagem deste tipo de estruturas é que podem ser todas construídas em doca seca, sendo depois arrastadas para o local de instalação através de barcos rebocadores, evitando-se assim o uso de navios especialmente dimensionados para as instalações eólicas offshore e os inerentes custos associados ao seu uso.

Apesar de serem estruturas muito caras, tornam-se economicamente vantajosas quando a profundidade é muito elevada, onde as normais estruturas de fixação se tornam inviáveis mas onde o potencial eólico é muito elevado.

4. Conclusão

O potencial eólico offshore está, na sua grande parte, por explorar. Se por um lado o recurso eólico é enorme, os custos de instalação e exploração são muito elevados, em comparação com as instalações *onshore*.

Existem ainda muitos desafios que têm que ser ultrapassados e que têm ocupado os diversos investigadores que se debruçam sobre esta área.

A aplicação de novos materiais, mais resistentes, e as estruturas de fixação dos aerogeradores são exemplos de áreas onde é preciso evoluir mais.

Bibliografia

[1] Simon-Philippe Breton and Geir Moe, “*Status, plans and technologies for offshore wind turbines in Europe and North America*”, *Renewable Energy Journal* 34, 2009. Available at: www.elsevier.com/locate/renene

[2] EWEA, “The European offshore wind industry – key trends and statistics 1st half 2012”

[3] EWEA, “Wind in our Sails, The coming of Europe’s offshore wind energy industry”, november 2011

[4] Talisman Energy, “Beatrice, wind farm demonstrator and project scoping report” , Available at: www.beatricewind.co.uk

Sítios na Internet

www.ewea.org

www.upwind.eu

Ascensores
panorâmicos
e em vidro
Qualidade máxima
para uma
Arquitectura exigente



SCHMITT+SOHN
ELEVADORES



www.schmitt-elevadores.com

Schmitt-Elevadores, Lda. Porto
Avenida Via Norte - Apartado 1084 - 4466-263 S. Indurada de Infesta
Tel: +351 22 1967 8030 Fax: +351 22 19612250



Responsabilidade
desde 1867

Mercados de Energia Elétrica.

Estratégias de Comercialização de Potência em Mercado Liberalizado.

1. Introdução

Em ambientes comerciais cada vez mais competitivos, caracterizados pela importância das redes comerciais, hiper-competição e pelo ciclo de vida de produtos e serviços, a inovação e o empreendedorismo são fundamentais para o sucesso das organizações. Cada vez mais as organizações tendem a apostar na inovação com o intuito de se tornarem mais competitivas nos seus mercados. Atualmente, o mercado elétrico, em Portugal, não é uma exceção. Com as recentes mudanças que resultaram na liberalização deste setor, é importantíssimo que os comercializadores de energias se façam distinguir dos restantes.

Atualmente, os consumidores de energia elétrica possuem uma limitação no que toca à contratação do valor máximo de potência pretendida para uma instalação. Depois do cliente escolher um dos escalões de potência contratada, deverá pagar o seu respetivo preço mensalmente, mesmo que nunca utilize um valor de potência próximo do escalão que contratou. Este custo representa, em média, 20% do valor total da fatura elétrica e é neste campo que as comercializadoras podem fazer-se distinguir, permitindo aos consumidores alterar o valor de potência contratada de acordo com as suas necessidades.

2. Liberalização e mercados de energia

O início do processo da reestruturação do setor elétrico ocorreu no ano de 1973, nos EUA, na sequência do primeiro choque petrolífero. Foram então desenvolvidas pelos governos nacionais, campanhas de sensibilização apelando à necessidade de se adotarem políticas de diversificação e de redução de consumo de energia. A primeira experiência de desenvolvimento de mecanismos de mercado no setor elétrico iniciou-se no Chile, no final da década de 70, seguindo-se a reestruturação ocorrida em Inglaterra e Gales no final da década de 80. Em Portugal, o primeiro movimento em direção à abertura do setor de produção foi

realizado em 1981, impulsionado pelo ministro Luis Mira Amaral, que também integrava os quadros técnicos e de administração da EDP. Contudo, apenas em meados da década de 90 é que foi iniciado o processo de liberalização para os grandes consumidores.

Em 1995, a União Europeia (UE) publicou um documento (Comissão Europeia, 1995) onde foram delineados os objetivos da política energética Europeia: competitividade global, a segurança do abastecimento de energia e a proteção do ambiente. Desde então, foram tomadas medidas importantes para cumprir objetivos na liberalização do mercado energético. Estabeleceram-se regras para permitir uma verdadeira concorrência e dar aos consumidores a livre escolha de fornecedores de energia, pois a Agência Internacional de Energia (IEA, 2001), apontou que concorrência é a forma mais eficaz de se criar incentivos para manter sustentados custos e preços mais baixos.

Contudo, em 2004, os resultados de um memorando publicado pela Comissão Europeia, indicaram o problema da existência de empresas com excessivo poder de mercado a nível nacional, e referiram a necessidade de promover o comércio transfronteiriço, a fim de aumentar a margem para a concorrência.

O quadro legal do setor elétrico sofreu uma profunda reestruturação durante o ano de 2006 e de 2007. Estabeleceram-se regras comuns para o mercado interno da eletricidade e aprofundou-se a integração e operacionalização do Mercado Ibérico de Eletricidade (MIBEL). Este mercado veio continuar com a tentativa de liberalizar o setor elétrico aumentando a concorrência. Desde 4 de Setembro de 2006 todos os consumidores em Portugal continental deveriam passar a poder escolher o seu comercializador de eletricidade.

Em finais de Agosto de 2006, o mercado liberalizado compreendia um conjunto de pouco mais de nove mil

clientes, cujo consumo anual representava cerca de 13,7% do consumo total de Portugal continental.

A quebra dos consumos no mercado liberalizado acontecia muito pela saída de clientes em média tensão (clientes industriais), para os quais as ofertas de preço no mercado liberalizado incorporavam já a tendência de evolução dos preços do petróleo.

A partir de 2007 verificou-se um crescimento do número de clientes no mercado liberalizado, fundamentalmente pela entrada de clientes do designado segmento doméstico (clientes de BTN).

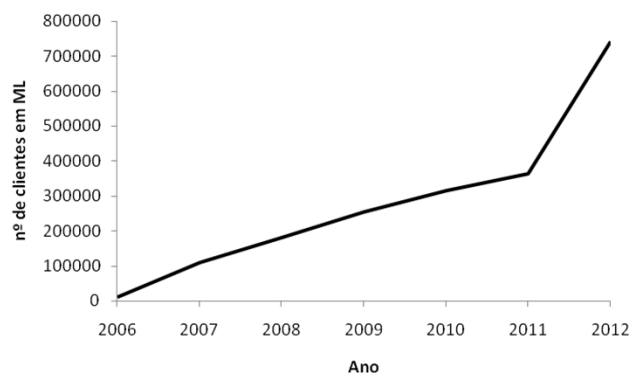


Figura 1 – Evolução nº clientes em Mercado Liberalizado

Tem-se assistido a uma evolução constante do número de clientes em mercado liberalizado até 2012. Contudo, neste último ano, observou-se uma subida bastante acentuada, pois 2012 é o limite temporal imposto para escolher um comercializador no mercado liberalizado.

A liberalização do mercado de eletricidade em Portugal irá entrar agora na sua fase plena, com a extinção gradual das tarifas reguladas para todos os clientes, de acordo com o seguinte calendário:

- **A partir de 1 de julho de 2012**, para os clientes de eletricidade com potência contratada igual ou superior a 10,35 kVA.
- **A partir de 1 de Janeiro de 2013**, para os clientes de eletricidade com potência contratada inferior a 10,35 kVA.

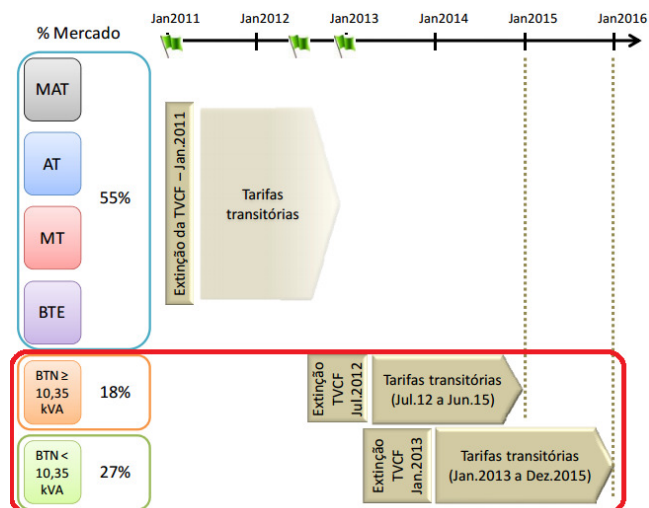


Figura 2 – Extinção das tarifas reguladas de venda a clientes finais

A partir das datas antes referidas deixará de ser possível realizar novos contratos com a EDP Serviço Universal. Os atuais clientes continuarão a ser abastecidos de energia pela EDP Serviço Universal, até escolherem um novo comercializador. Durante este período, será aplicada uma tarifa transitória com preços agravados, fixada pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE).

Os comercializadores existentes atualmente no mercado estão apresentados abaixo e existem simuladores no site da Erse que permitem ao consumidor saber qual o tarifário e qual o comercializador que mais se enquadra com as suas necessidades.

- EDP Comercial - Comercialização de Energia, SA;
- EGL Energía Iberia S.L.;
- Endesa – Endesa Energia Sucursal Portugal;
- Galp Power S.A.;
- Iberdrola Generación – Energia e Serviços Portugal, Unipessoal, Lda.;
- Union Fenosa Comercial, S.L. – Suc. Em Portugal;
- Nexus Energía, S.A.

A mais recente novidade sobre a liberalização do setor elétrico é que a partir do dia 22 de Outubro de 2012 as comercializadoras que fornecem eletricidade no mercado livre vão poder oferecer tarifas bi-horárias.

A nível europeu existem distintas formas de comercialização de energia, assim como diversos preços praticados.

No gráfico seguinte é possível observar os preços da energia nos vários países da Europa.

duas possíveis razões que justificam este anormal aumento da fatura energética.

Atualmente em Portugal continental coexiste em simultâneo o mercado livre e o mercado regulado, podendo assim todos os clientes negociarem os seus contratos de energia com um comercializador no mercado livre ou permanecer no mercado regulado e pagar as tarifas de último recurso.

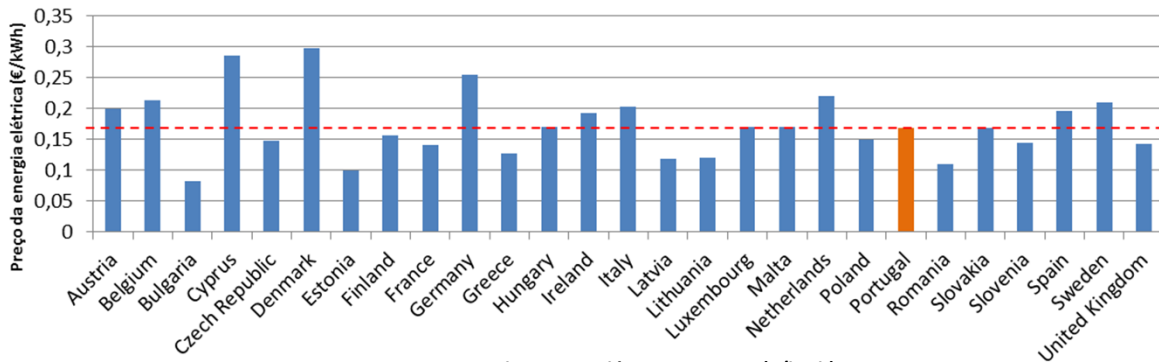


Figura 3 – Preços da energia elétrica na Europa (€/kWh)

Em Portugal, o custo da energia elétrica tem vindo a aumentar durante os últimos vinte anos. No seguinte gráfico é possível observar a evolução dos preços da energia nos vários regimes.

Nas regiões autónomas da Madeira e dos Açores os clientes não têm a opção de escolha de fornecedor, sendo fornecidos pelos respetivos distribuidores locais de eletricidade.

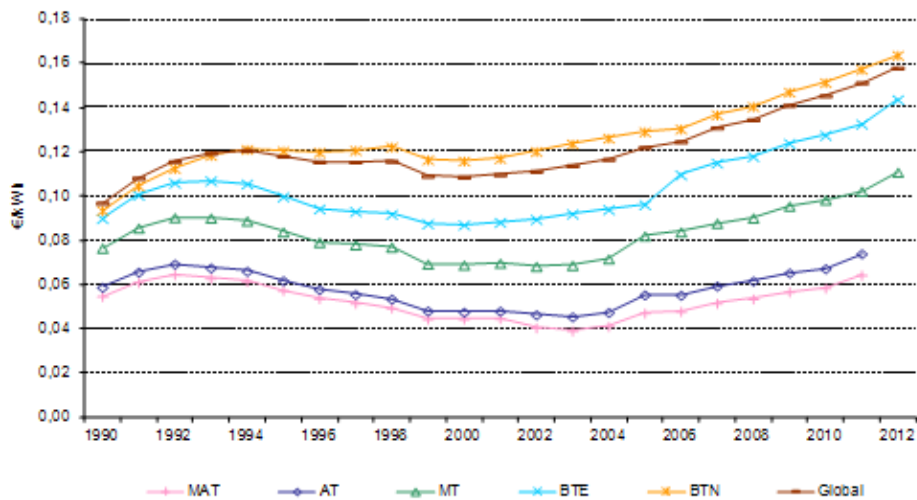


Figura 4 – Evolução dos preços de energia por nível de tensão de alimentação

As consequências positivas, esperadas pela liberalização deste setor, não são perceptíveis no gráfico anterior. Esperava-se uma diminuição do preço da eletricidade devido à concorrência entre os comercializadores. O recente investimento em energias alternativas assim como o aumento do IVA, aplicado à comercialização de energia, são

Os clientes de BTN com potência contratada inferior a 10,35 kVA, ainda podem optar por comprar energia através do mercado regulado, embora não seja muito prático porque no próximo mês de Dezembro de 2012 terão que comprar energia elétrica em mercado liberalizado. Caso o cliente pretenda continuar no mercado regulado a partir dessa data,

esse cliente terá que pagar uma tarifa transitória com preços agravados até mudar para o mercado liberalizado. Os restantes clientes já não podem aderir ao mercado regulado e já pagam as referidas tarifas agravadas caso ainda não estejam no mercado liberalizado.

Tanto no mercado regulado como no mercado liberalizado existem várias tarifas e vários escalões de potência contratada para satisfazer as diferentes necessidades dos consumidores. É da responsabilidade do consumidor fazer uma boa escolha de tarifário e do valor de potência máximo instantâneo a contratar. Para isso existem alguns simuladores na web que ajudam o consumidor a reduzir custos. A potência contratada é definida por escalões e as instalações possuem um dispositivo de controlo de potência. Esse equipamento é responsável pela segurança da instalação elétrica e limita o valor de potência instantâneo máximo definido anteriormente como potência contratada. O valor de potência contratada representa em média 20% do custo total da fatura da energia elétrica e por isso deve ser bem estimada para que os consumidores não possuam uma potência contratada muito superior ao que realmente necessitam. Em alguns casos é possível reduzir a fatura de eletricidade sem reduzir o consumo, é uma questão de ter ou não um tarifário e uma potência contratada, adequadas às necessidades do consumidor, como se pode verificar na figura seguinte.

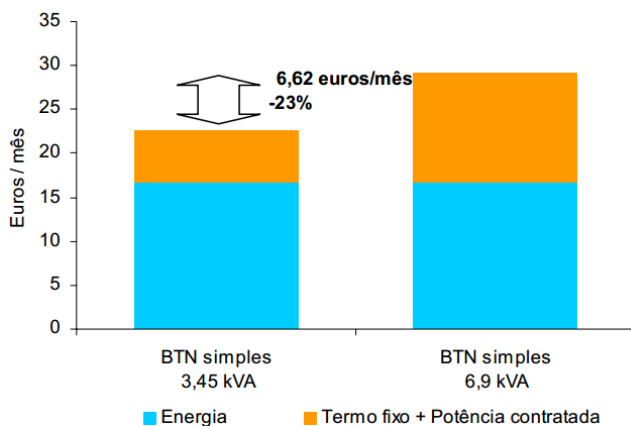


Figura 5– 3,45 kVA vs 6,9 kVA

Com o mesmo consumo anual, é possível poupar 23% (6,62€) da fatura optando por um escalão de potência contratada inferior.

Se o consumidor tiver oportunidade de variar o valor da potência contratada conforme as suas necessidades, poderá conduzir a uma redução do valor da fatura. Desta forma o consumidor paga o que consome e evita custos fixos, sendo esta a tendência a seguir a nível europeu. Parcelas fixas relevantes conduzem a um maior consumo e não fazem diferenciação temporal dos custos de produção, que erradamente traz benefícios a quem consome mais nas horas de ponta.

As vantagens de um modelo de potência contratada flexível seriam diversos e iriam beneficiar especialmente os consumidores que apresentam um fator de utilização de potência contratada (equação 1) baixo e/ou que apresentam grande irregularidade diária ou semanal nos seus consumos elétricos.

$$f.u. = \frac{E_{\text{mês}}}{P_{\text{cont}} \times N_{\text{horas:mês}}} \quad (1)$$

Onde,

f.u. – fator de utilização da potência contratada;

P_{cont} – potência contratada pelo consumidor;

$E_{\text{mês}}$ – energia elétrica consumida;

$N_{\text{horas:mês}}$ – número de horas mensais.

Quando o fator de utilização da potência contratada de um utilizador é inferior a 0.05, considera-se que é um consumidor não intensivo. Para valores superiores a 0.1, admite-se que o utilizador é um consumidor intensivo de energia elétrica.

A flexibilidade da potência contratada poderá ser um excelente argumento para que os comercializadores de energia elétrica, em mercado liberalizado, consigam convencer os consumidores a aderirem os seus serviços.

3. Metodologia proposta para comercialização de potência

Os consumidores de energia elétrica possuem uma limitação no que toca à contratação do valor máximo de potência pretendida para uma instalação.

Depois do cliente escolher um dos escalões de potência contratada deverá pagar o seu respetivo preço mensalmente, mesmo que nunca utilize um valor de potência próximo do escalão que contratou. A ideia fulcral é tornar o valor de potência contratada flexível para que o consumidor seja capaz de alterar esse valor diariamente de acordo com as suas necessidades. Imagine-se que uma família, durante a semana, passa pouco tempo em casa e que os maiores consumos energéticos apenas se verificam ao fim-de-semana, ou então, uma família que vai de férias durante 3 semanas no mês de Agosto. Estas duas famílias pagam sempre a mesma potência contratada, mesmo quando não consomem qualquer energia. Com um modelo de contratação de potência flexível, estas situações podem deixar de se verificar. No primeiro caso, a família poderia contratar, por exemplo, uma potência mínima durante a semana e uma potência superior para o fim de semana, quando realmente consomem a maior fatia do consumo mensal. No segundo caso, durante essas três semanas, bastava contratar uma potência que seja suficiente para alimentar eletrodomésticos como, por exemplo, arcas e/ou frigoríficos.

Isto seria uma metodologia muito mais justa e económica para os consumidores de energia eléctrica. Mas, para que este método seja aplicável, é necessário que o consumidor seja minimamente consciente e sabedor da potência que realmente necessita. Por outro lado, é fulcral uma fácil, rápida e eficiente forma de comunicação entre o cliente e o seu comercializador de energia eléctrica. Para isso existem, no mercado, alguns equipamentos, chamados sistemas de telecontagem. Da utilização destes equipamentos advêm benefícios tanto para o consumidor como para o comercializador, conforme representado na Tabela I.

A possível instalação de sistemas de telecontagem, para todos os clientes em BTN, assim como a esperada competitividade entre comercializadores de energia eléctrica, devido à liberalização do setor, permitem explorar a possibilidade da implementação de um método de comercialização de potência contratada.

Os contadores inteligentes de electricidade referem-se,

Tabela I – Benefícios dos sistemas de telecontagem

Benefícios do consumidor	Benefícios do comercializador
Contagem remota em locais de difícil acesso;	Possibilidade do sistema de pré-pagamento;
Evitar erros humanos;	Monitorização em detalhe dos consumos energéticos;
Cobrança não baseada em estimativas;	Deteção de erros ocorridos nos equipamentos e na distribuição;
Possibilidade de múltiplas tarifas e maior controlo de consumos;	Vantagem competitiva relativamente aos restantes comercializadores.
Facilidade de alterações na potência contratada;	
Fácil comunicação com o comercializador de energia eléctrica.	

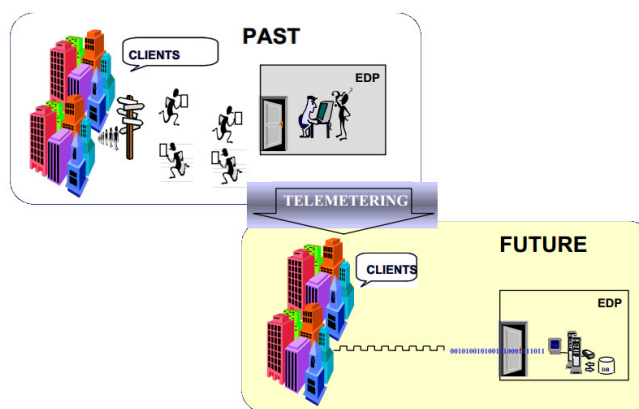


Figura 6 – Sistemas de Telecontagem

geralmente, a um tipo de contador mais desenvolvido que identifica o consumo de energia de uma forma mais detalhada que o contador convencional e transfere essa informação remotamente por intermédio de uma via de comunicação para o sistema central para operações de monitorização, processamento de dados e faturação. Permite também recolher informação de contadores de outros serviços como a água e o gás natural.

Estes contadores podem exibir, de uma forma precisa, o consumo de energia em euros para que os consumidores se apercebam facilmente da quantidade de dinheiro que dispõem nesse consumo. Essa exibição pode estar localizada num lugar diferente de onde o contador está instalado, por exemplo na cozinha, de forma a providenciar aos consumidores um acesso fácil à informação. Um conjunto significativo de provas comprovou que o comportamento dos consumidores mudaria se fossem regularmente informados acerca da quantidade, e em particular o custo, de energia que consomem.

De seguida apresentam-se algumas das funcionalidades abertas a opção, pela ERSE em, nos sistemas de medida digitais e com recolha remota de dados:

- **Medição de energia:** energia ativa nos dois sentidos (para sistemas com medição própria – microgeração), registos de 15 minutos (permite conhecer os perfis de consumo reais do consumidor);
- **Capacidade de armazenamento de informação:** maior flexibilidade na aquisição de dados;
- **Tarifas:** Possibilidades de existirem pelo menos 3 períodos de tarifários.
- **Comunicação com o contador:** usar diferentes meios de comunicação, tais como DLC, GSM, GPRS (eliminação dos custos com a leitura local e da faturação por estimativa);
- **Atuação/parametrização remota do contador:** mudança de ciclo de contagem ou opção tarifária e possibilidade de interrupção/reactivação do fornecimento (ambas permitem a redução ou eliminação dos custos com a intervenção local);
- **Interface com o consumidor:** disponibilização de informação através de display autónomo e visualização gráfica do consumo (promovem comportamentos mais eficientes no consumo, fornecendo maior visibilidade aos consumos de energia);
- **Interface com outros contadores:** concentrar as leituras de outros contadores, como água e gás e comunicação bidirecional com estes contadores;

Os valores registados através do monitor energético, enviados automaticamente para o servidor do comercializador, permitem-lhe fornecer, ao consumidor, através de uma página web, um histórico de consumos e também os custos associados a estes.

A página web deverá apresentar uma interface simples e clara para o cliente. A apresentação de gráficos permite uma rápida perceção, ao consumidor, das diferenças de consumo entre diferentes períodos e dessa forma, sensibilizá-lo ao não desperdício de eletricidade.

Estes dados sobre o consumo do cliente poderiam também, por exemplo, serem enviados, remotamente, para uma aplicação de telemóvel. Nos dias de hoje estamos rodeados de meios eficazes de comunicação que podem perfeitamente cobrir as necessidades comunicativas entre o cliente e o comercializador de energia elétrica. No sentido inverso desta comunicação, é também fundamental um *feedback* da parte do consumidor que indique a potência a contratar para o/a dia/semana seguinte. Este *feedback* associado a uma utilização mais racional da energia, provocado pela análise dos consumos, são os principais responsáveis pela diminuição do preço da fatura de eletricidade.

Como todas as tecnologias, a telecontagem tem, também, associada a si algumas desvantagens, entre as quais:

- **Custo:** o custo relativo à instalação dos novos contadores e ao sistema de comunicação correspondente é a desvantagem mais evidente da telecontagem;
- Insatisfação do cliente: uma introdução descuidada e indiferente da tecnologia e das possibilidades associadas a esta podem levar a uma insatisfação do cliente.
- **Violação de privacidade:** a telecontagem vai conduzir a uma maior automação tendo como consequência um aumento das preocupações relativas à privacidade dos clientes. Assim, existe o potencial para o uso inadequado do sistema e/ou dados pelos terroristas, criminosos e hackers.
- **Despedimentos:** com o aumento da automação, consequente diminuição da probabilidade de erros, vai ocorrer um aumento de despedimentos por parte da entidade distribuidora, pois certos postos de trabalho (por exemplo, pessoal que efetua as leituras locais) vão deixar de ser necessários;

Existem também no mercado outros equipamentos que permitem a monitorização dos consumos elétricos, mas que apresentam mais restrições comparativamente aos contadores inteligentes.

O objetivo desta metodologia de comercialização de potência, com a inserção de monitores energéticos, é tornar a venda de energia elétrica mais justa e mais clara para os clientes de BTN. Com esta inovação, os consumidores poderão contratar a potência mais adequada às suas necessidades diárias, com base nos seus hábitos de consumo, conseguidos graças às leituras do monitor energético.

Os preços da energia elétrica são denominados, anualmente, pela ERSE e têm três principais componentes:

- A energia, que inclui os custos de produção e de comercialização e resulta dos preços formados no mercado de eletricidade;
- A energia, que inclui os custos de produção e de comercialização e resulta dos preços formados no mercado de eletricidade;
- As redes, necessárias à distribuição da energia desde os centros electroprodutores até aos consumidores, sujeitas a regulação, sendo as tarifas de uso das redes aprovadas pela ERSE e englobadas nas tarifas de acesso às redes;

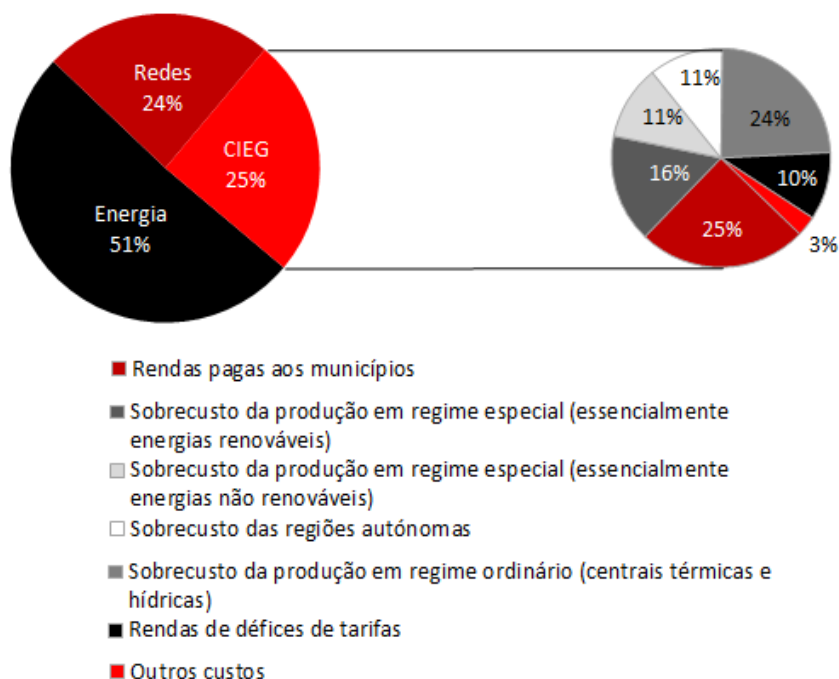


Figura 7 – Componentes dos preços de energia

- Os custos de interesse económico geral (CIEG), integrados também nas tarifas de acesso às redes, suportados por todos os consumidores [fonte: fatura EDP Serviço Universal de Maio de 2012].

No mercado elétrico existem vários escalões de potência e os preços da energia variam conforme a potência contratada pelo consumidor.

Tabela II – Tarifário da energia por escalão de potência contratada

BTN	Potência contratada (kVA)	Custo potência contratada (EUR/dia)	Custo da energia ativa (EUR/kWh)					
			Tarifa Simples	Tarifa bi-horária		Tarifa tri-horária		
				Fora do vazio	Vazio	Ponta	Cheias	Vazio
<= 2,3 kVA	1,15	0,0752	0,11	-	-	-	-	-
	2,3	0,1321		-	-	-	-	-
<=10,35kVA >2,3kVA	3,45	0,1748	0,1393	0,1551	0,0833	0,1706	0,1442	0,0833
	4,6	0,2268						
	5,75	0,2788						
	6,9	0,3308						
	10,35	0,4868						
<=20,7kVA >10,35kVA	13,8	0,6427	0,1424	0,1582	0,0864	0,1737	0,1473	0,0864
	17,25	0,7987						
	20,7	0,9546						
	27,6	1,3656						
>20,7kVA	34,5	1,7021	-	-	-	0,2779	0,1398	0,0777
	41,4	2,0385	-	-	-	-	-	-

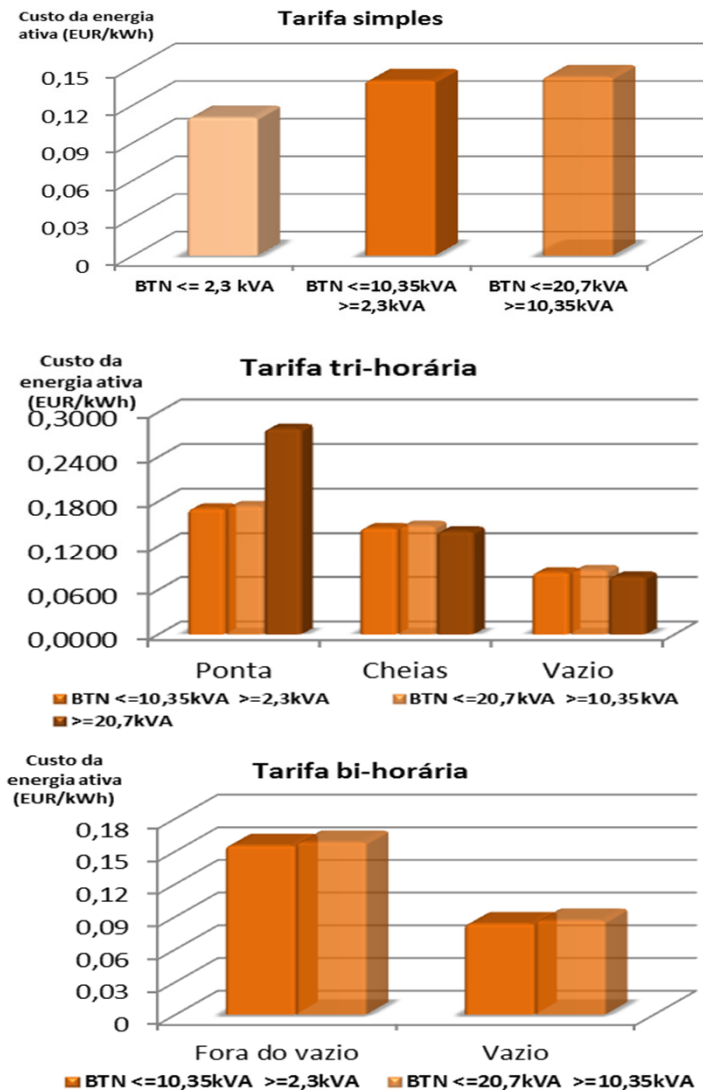


Figura 8 - Comparação dos preços de energia por escalão de potência

Nos gráficos anteriores, são bem perceptíveis as diferenças de custos de energia para cada período do dia e para cada escalão de potência.

Os escalões de potência existentes são suficientes para transcrever as diferentes necessidades dos consumidores, e por isso, nesta nova metodologia, não serão adicionados novos escalões.

Os respetivos custos de energia também não sofrerão alterações.

As tarifas bi-horárias pretendem incentivar um consumo mais eficiente de energia por parte dos clientes finais, com menor utilização nas horas fora do vazio.

Atualmente, nas faturas elétricas, já se pode verificar que a potência contratada é apresentada com um custo diário em vez do seu custo mensal.

Isto torna ainda mais fácil a aplicação da metodologia proposta, respetivamente à apresentação da fatura (figura 7 e 8).

Tabela III – Aspeto fatura atual

Eletricidade	Qtd.	Preço (€)	Valor (€)	IVA (%)
Potência contratada 10,35 kVA (dias)	30	0,4868	14,60	23
Consumo medido em horas fora do vazio (kwh)	192	0,1551	29,78	23
Consumo medido em horas do vazio (kWh)	138	0,0833	11,50	23
Outros montantes	1	2,00	2,46	23
TOTAL			58,34 €	

Caso esta metodologia seja aplicada, as faturas irão ter os seguintes itens propostos na Tabela IV.

Outro fator em que esta metodologia pode influenciar, positivamente, é a melhor racionalização do uso de energia por parte dos consumidores.

Tabela IV – Aspeto da fatura com a aplicação da metodologia proposta

Eletricidade	Qtd.	Preço (€)	Valor (€)	IVA (%)
Potência contratada 3,45 kVA (dias)	5	0,1748	0,87	23
Consumo medido em horas fora do vazio (kWh)	52	0,1551	8,07	23
Consumo medido em horas do vazio (kWh)	28	0,0833	2,33	23
Potência contratada 6,9 kVA (dias)	10	0,3308	3,31	23
Consumo medido em horas fora do vazio (kWh)	65	0,1551	10,08	23
Consumo medido em horas do vazio (kwh)	48	0,0833	4,00	23
Potência contratada 10,35 kVA (dias)	15	0,4868	7,30	23
Consumo medido em horas fora do vazio (kWh)	75	0,1551	11,63	23
Consumo medido em horas do vazio (kWh)	62	0,0833	5,16	23
Outros montantes	1	2,00	2,46	23
TOTAL			55,22 €	

Assim, se o consumidor otimizar a utilização da energia elétrica, através da passagem de equipamentos elétricos para o período em que o preço de energia é mais baixo, experimentará uma redução mais significativa no valor da fatura de eletricidade em comparação com os tarifários existentes.

Os consumidores definem a potência a contratar para os dias seguintes ao envio da solicitação ao comercializador. Desta forma, é garantido ao comercializador maior certeza do diagrama de carga para o dia seguinte, evitando maiores desvios entre a compra de potência e a utilização real da mesma. Estes desvios significam custos, assim, a informação fornecida pelos clientes, sobre a quantidade de potência que necessitam para determinados períodos, pode ser importante para o comercializador.

Se, por algum motivo, os consumidores ultrapassarem o valor de potência contratado, este será penalizado com um agravamento do preço a pagar por unidade de energia, durante o período em que a potência instantânea utilizada é superior à potência solicitada. Esse agravamento será calculado pelo comercializador com base na diferença entre as duas potências referidas.

A metodologia apresentada dependerá, sobretudo, da quantidade de energia que é utilizada e cumpre com o objetivo fundamental deste trabalho que é mudar a forma de contratação de potência para que os consumidores paguem apenas o que realmente usam.

Uma outra sugestão para o mercado de energia elétrica seria, não só tornar o valor de potência contratada mais próximo do que o consumidor realmente consome, como também tornar todos os outros montantes fixos, apresentados na fatura, em valores dependentes do consumo verificado.

4. Conclusão

Os tarifários existentes em Portugal não permitem flexibilidade para os consumidores pouco intensivos.

Para estes, a parcela fixa a pagar pelo uso de eletricidade é relevante.

Por este motivo verifica-se que, diferenças consideráveis de consumo em períodos de faturação não são traduzidas nos preços finais das faturas. Tal facto não sensibiliza o consumidor à racionalização da energia elétrica.

A sensibilização provocada pelas tarifas bi-horárias não é tão evidente devido à elevada componente fixa presente na fatura.

A instalação de contadores inteligentes nos consumidores de BTN é o primeiro passo para que se tornem mais perceptíveis os comportamentos errados no consumo de eletricidade. Bases de dados históricos, em forma de diagrama de carga, sobre os consumos de um consumidor, permitem-lhe:

- Identificar picos de consumo e corrigi-los;
- Prever utilizações futuras da energia e adaptar a potência contratada diariamente, caso a metodologia proposta seja implementada no mercado liberalizado.

A instalação de sistemas de telecontagem, em todas as habitações, e a liberalização do setor elétrico, permite pôr em prática a metodologia de comercialização de potência.

Esta metodologia permite ao consumidor controlar o preço a pagar pela eletricidade de uma forma mais eficiente, pois poderá acompanhar a evolução do preço da fatura.

As conjeturas a considerar para a simulação da metodologia apresentada influenciam significativamente os resultados e as conclusões que deles resultam. Por esse motivo, procurou-se definir essas variáveis de forma clara e justa.

A metodologia apresentada oferece maior flexibilidade a consumidores menos intensivos de energia elétrica e com escalões de potência contratada mais baixos. Este facto deve-se essencialmente à maior proximidade entre escalões entre 1,15 kVA e 6,9 kVA.

Normalmente, quanto menor é o fator de utilização da potência contratada, maiores são os benefícios provenientes da metodologia proposta. Como é óbvio, se um utilizador possuir um fator de utilização baixo, mas se os seus consumos forem muito irregulares e com potências de pico diárias muito altas, a metodologia apresentada torna-se menos proeminente.

A utilização desta metodologia é indicada para muitos casos, nomeadamente, instalações que apresentam consumos diários distintos.

Os consumidores nesta situação têm conhecimento das diferentes potências que necessitam em cada período e podem reduzir o valor de potência contratada para os períodos de menor consumo. Desta forma o consumidor paga a eletricidade quando realmente a utiliza.

Noutras situações, o cliente contrata um valor de potência elevado devido à existência de aparelhos elétricos que necessitam de maior potência para o seu funcionamento. Porém, a utilização desses equipamentos pode ser de uma forma pontual, o que conduz, em períodos de não utilização dos mesmos, a custos desnecessários.

A metodologia proposta é excelente para estes casos, pois permite satisfazer as necessidades de potência dos equipamentos de maiores requisitos elétricos sem prejudicar o custo da potência contratada nos restantes períodos de faturação.

No seguimento da metodologia apresentada, é possível ainda imaginar uma fatura de energia elétrica sem valores fixos.

Nas telecomunicações existem, por exemplo, tarifários onde apenas se paga se realizarmos chamadas ou enviamos mensagens.

Em analogia com o mercado das telecomunicações, é possível pensar que os preços de energia elétrica deveriam já estar influenciados dos custos de produção, do uso das redes de transporte e de todos os outros montantes que aparecem no valor total da fatura.

Também no seguimento desta metodologia, o futuro da comercialização de energia elétrica em Portugal poderá passar pela inserção de tarifas de energia dinâmicas que, para cada hora, são atualizadas de acordo com o preço de mercado, do preço de transporte e do preço de distribuição.

Este método já é utilizado em alguns países pelos comercializadores de energia, embora seja fundamental a existência de contadores inteligentes para informarem o consumidor do custo da energia que consome.

Como abordar uma instalação de domótica KNX para uma moradia?

1. Generalidades

A domótica pode ser entendida como o controlo automatizado das instalações técnicas existentes num edifício.

No caso concreto de uma habitação, utilizando a tecnologia KNX podemos controlar, por exemplo:

- iluminação;
- estores e persianas;
- sistemas de segurança;
- gestão de energia;
- sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC);
- controlo remoto;
- controlo áudio/vídeo;
- etc.



Como hoje em dia, aspetos como a segurança, eficiência energética, conforto e comunicação são cada vez mais uma exigência dos proprietários/utilizadores dos edifícios, não faz sentido continuar a abordar a execução de instalações elétricas do tipo convencional, sistemas de AVAC, alarmes e outros, sem que estes comuniquem entre si.

Assim, justifica-se a apresentação ao cliente das instalações elétricas apoiadas numa solução de domótica KNX, o que possibilitará a integração e comunicação daqueles sistemas.

No caso concreto de uma moradia unifamiliar o estudo técnico-económico de uma instalação de domótica, passa inicialmente pelas seguintes fases:

- definição com o cliente de quais as funções pretendidas comandar pela domótica;
- definição dos circuitos de iluminação, por divisão, o que nos vai indicar o número de circuitos por piso e como tal o número de módulos necessários instalar no quadro elétrico do respectivo piso;
- definição dos circuitos de iluminação que serão comandados por *dimmer* e como tal o número de módulos necessários instalar no quadro elétrico do respectivo piso;
- definição do número de estores / persianas, por piso e como tal o número de módulos necessários instalar no quadro elétrico do respectivo piso;
- definição do número de teclas / botões por divisão e se estes vão ser de tecnologia KNX ou se se vai optar por uma solução mais económica, com botões de pressão convencionais associado a um módulo KNX;

Estes aspetos, devem ser entendidos como definições base para iniciar uma instalação de domótica.

Caso o cliente tenha disponibilidade poderão existir outros aspetos a ter em linha de conta, como por exemplo, interação com o sistema de circuito fechado de televisão (*Closed-circuit television – CCTV*), integração do IPAD para interagir com a instalação de domótica, ...

Como tal, logo à partida, é importante a definição das instalações técnicas a existir para a habitação, sejam elas a instalar de imediato, sejam a instalar no futuro.

Tendo em contas os aspetos atrás referidos e como a tecnologia domótica KNX é sempre ampliável com a integração de novos módulos e/ou com a parametrização de novas funções, convém prever espaço de reserva nos quadros elétricos para a integração destes novos módulos e também convém prever tubagem de reserva de interligação aos sistemas de água e gás (para o comando de electroválvulas), intrusão e também para outros locais estratégicos, como por exemplo para a instalação de uma central meteorológica ou então para a instalação de sondas para medir a luminosidade ambiente.

2. Estudo de caso: Moradia unifamiliar

De seguida será apresentada uma instalação real, uma moradia unifamiliar, objeto de instalação de um sistema de domótica, neste caso com recurso à tecnologia KNX.

Para a realização da foi fornecido pelo dono de obra, plantas da habitação, nas quais constava a seguinte informação:

- localização dos quadros elétricos;
- circuitos de iluminação e tomadas a ser comandados pela domótica;
- circuitos de estores a ser comandados pela domótica;
- localização dos botões.



Foi, também, definido quais as funções pretendidas para cada tecla.

Com esta informação, foi possível definir o número de módulos KNX a instalar em cada quadro elétrico e também a quantidade de botões necessários para controlar a instalação.

Para trazer uma maior flexibilidade, funcionalidade e comodidade à instalação, a mesma vai também ser equipada com 3 telecomandos de rádio frequência (RF KNX), com as características a seguir descritas:

- telecomando RF KNX de 4 canais: 1un;
- telecomando RF KNX de 6 canais: 1un;
- telecomando RF KNX de 18 canais: 1un.

os telecomandos de rádio frequência são emissores de rádio portáteis que funcionam de acordo com o protocolo KNX.

Para que estes telecomandos comuniquem com a instalação de domótica, optou-se pela solução da instalação de um equipamento designado por “Acoplador de Media”. Para que os mesmos possam cobrir a maior área possível da instalação, o “Acoplador de Média” foi instalado no piso intermédio da instalação e numa zona central do mesmo.

Esta solução permite o acesso a funções tais como:

- comandos ON/OFF;
- estores/persianas;
- aquecimento;
- comandos temporizados;
- cenários.

Embora representem um custo não negligenciável, a instalação dos telecomandos, permite que a instalação fique mais flexível ao nível do utilizador, pois em qualquer local da habitação, mesmo no exterior, o utilizador tem a possibilidade de controlar o sistema de domótica, o que de outra forma apenas seria possível através dos botões instalados.

A pensar numa maior valia que futuramente pode ser acrescentada à instalação, foi desde já prevista a instalação de tubagem que permita a instalação de um painel tátil, equipamento que o cliente não entendeu prever nesta fase de execução da obra.

Assim, entre o quadro elétrico e uma caixa de suporte, foi instalada a seguinte tubagem:

- um tubo para alimentação;
- um tubo para o cabo de Bus;
- um para interligação ao ATI (cabo UTP4/).

Após a execução da instalação, com a respetiva instalação e cablagem de todos os componentes da mesma, torna-se necessário proceder à parametrização.

Para a parametrização do sistema KNX é utilizado o software ETS (*Engineering Tool Software*).

A parametrização do sistema é uma tarefa importante e com alguma complexidade, sendo realizada por um técnico devidamente formado e habilitado e que, dependendo da dimensão e complexidade da instalação, pode consumir um tempo significativo.

No momento de receção da obra é entregue ao cliente o ficheiro com a parametrização da obra, de forma a permitir futuras alterações á programação estabelecida.

3. Conclusões

A instalação de um sistema de domótica embora comporte um acréscimo no custo inicial das instalações, face à instalação “tradicional”, comporta um conjunto de maior-valias, que, em regra, justificam a sua instalação.

Aspetos como a integração, segurança, comodidade, flexibilidade, funcionalidade, adaptabilidade são significativamente incrementados com a instalação destes sistemas, mas aspetos com a gestão de energia e a eficiência energética também não são negligenciáveis, podendo conduzir a uma redução dos consumos energéticos da instalação e a uma redução dos custos de exploração dessas mesmas instalações.

Assim, o custo total de uma instalação dotada de um sistema de domótica, custo inicial mais custo de exploração, pode ser muito aproximado do custo global de uma instalação tradicional.

CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO PÓS-GRADUADA EM

Projeto de Instalações Elétricas Especiais

OBJECTIVOS

Promover competências aos pós-graduados no âmbito do projeto, execução, exploração e utilização de instalações elétricas, que devido à sua especificidade possam ser consideradas instalações especiais e, de uma forma integrada, abordar todos os assuntos relacionados com a conceção de instalações elétricas.

DESTINATÁRIOS

O curso destina-se a bacharéis, licenciados e mestres recém formados na área da Engenharia Eletrotécnica e/ou Engenharia Eletrónica, assim como quadros no ativo que pretendam atualizar conhecimentos ou adquirirem competências no âmbito da conceção e utilização de instalações elétricas que devido à sua especificidade possam ser consideradas instalações especiais.

ESTRUTURA CURRICULAR

- Proteção das Instalações Contra Sobretensões
- Alimentação das Instalações Elétricas
- Instalações em locais com influências externas
- Instalações de Micro-produção

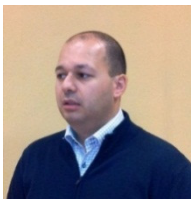
LOCAL

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431, 4200-072 Porto

Tel. 228 340 500 – Fax: 228 321 159

Info: jbc@isep.ipp.pt

COLABORARAM NESTA EDIÇÃO:



Hélder Nelson Moreira Martins

helmar@televes.com

Síntese Curricular: Licenciatura em Engenharia Electrónica e Telecomunicações na Universidade de Aveiro, participou num projeto sobre Televisão Digital Interativa no Instituto de Telecomunicações em Aveiro e possui uma Pós-Graduação em Infraestruturas de Telecomunicações, Segurança e Domótica realizada no Instituto Superior de Engenharia do Porto. Curso Avançado de Marketing Relacional e Fidelização de Clientes na Escola de Negócios Caixa Nova em Vigo. Desempenha funções no Departamento Técnico da Televés Electrónica Portuguesa, S.A. desde 2003 e colabora com diversas entidades na área da Formação ITED e ITUR exercendo esta atividade desde 2006.



João Emilio Almeida

jesca.msc@gmail.com

Engenheiro Informático Industrial pelo ISEP, Mestre em Segurança Contra Incêndios Urbanos pela Universidade de Coimbra e Doutorando na FEUP em Informática. Membro da Ordem dos Engenheiros e da NFPA. Membro efetivo da Ordem dos Engenheiros e da NFPA. Consultor e projetista de Segurança Contra Incêndio; responsável por projetos de grande dimensão em Portugal e no estrangeiro, centros comerciais e hospitais. Formador em cursos para Projetistas da 3ª e 4ª categoria de risco em SCI. Presentemente é doutorando em Engenharia Informática na FEUP e investigador no LIACC (Laboratório de Inteligência Artificial e Ciência dos Computadores) da Universidade do Porto sendo a sua área de investigação a Modelação e Simulação do Comportamento Humano em Situações de Emergência utilizando Jogos Sérios.

José Caçote

jose.cacote@qenergia.pt

Licenciado em Engenharia Física pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Membro da Ordem dos Engenheiros. Colaborador da QEnergia desde a sua fundação (Outubro de 2001), especializando-se na Medida Elétrica. Mestre na área da Segurança. Especialista Certificado em Termografia pelo SGS. Desempenha funções de coordenação na área das auditorias a instalações elétricas e na implementação de sistemas de gestão e qualidade da energia. Realizou vários seminários com a temática da qualidade da energia, termografia e segurança nas instalações elétricas. Atualmente é o Diretor-Geral da QEnergia.



Jorge Manuel Botelho Moreira

jorgemoreira6870@hotmail.com

Frequência do mestrado em Engenharia Electrotécnica - Sistemas Eléctricos de Energia no Instituto Superior de Engenharia do Porto.



José António Beleza Carvalho

jbc@isep.ipp.pt

Nasceu no Porto em 1959. Obteve o grau de B.Sc em engenharia eletrotécnica no Instituto Superior de Engenharia do Porto, em 1986, e o grau de M.Sc e Ph.D. em engenharia eletrotécnica na especialidade de sistemas de energia na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, em 1993 e 1999, respetivamente. Atualmente, é Professor Coordenador no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto, desempenhando as funções de Diretor do Departamento.



Paulo Dinis

paulo.diniz@infocontrol.pt

Licenciado em Engenharia Eletrotécnica pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Especialista em Sistemas de Gestão Técnica Centralizada, Gestão de Energia e Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas. Chefe de Vendas da Infocontrol – Delegação Norte.

COLABORARAM NESTA EDIÇÃO:



Pedro Miguel Azevedo de Sousa Melo

pma@isep.ipp.pt

Mestre em Automação, Instrumentação e Controlo pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Aluno do Programa Doutoral em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Docente do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 2001.

Desenvolveu atividade de projetista de instalações eléctricas de BT na DHV-TECNOPOR.



Roque Filipe Mesquita Brandão

rfb@isep.ipp.pt

Doutor em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, na Área Científica de Sistemas Eléctricos de Energia, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Professor Adjunto no Instituto Superior de Engenharia do Porto, departamento de Engenharia Eletrotécnica.

Consultor técnico de alguns organismos públicos na área da eletrotecnia.



Rui Manuel de Morais Sarmento

rms@isep.ipp.pt

Nasceu na cidade do Porto, Portugal, em 14 de julho de 1953. Licenciou-se em Engenharia Electrotécnica, na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), Portugal, em 1975. Tirou o Mestrado de pós-graduação em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, na área de Sistemas de Energia, na FEUP, em 1990. Foi professor, no Departamento de Física, da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP), em 1974-75. Foi professor, no Departamento de Física, do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), sendo responsável em várias áreas, como Física Mecânica, Electromagnetismo e Laboratórios de Física, entre 1976 e 1990. Atualmente é professor adjunto e membro do Conselho Científico, no Departamento de Engenharia Electrotécnica, do ISEP, tendo sido responsável por várias disciplinas da área de Sistemas Eléctricos de Energia.



Sérgio Cunha de Freitas Queirós

engenharia.schumal@gmail.com

Engenheiro Electrotécnico – Sistemas Eléctricos de Energia pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto. Formador do curso de Técnico Responsáveis de Equipamentos de SCIE – Formação Específica | SADI, na Schumal – Engenharia e Serviços. Formador do curso de Técnico Responsáveis de Equipamentos de SCIE – Formação Geral, na Schumal – Engenharia e Serviços. No ano de 2011, exerceu funções como formador de ITED/ITUR, na Schumal – Engenharia e Serviços, num total de 199h, sendo Responsável Técnico pela formação ITED / ITUR desta entidade formadora. Projetista de Eletricidade, ITED, Gás e Segurança Contra Incêndios.



Sérgio Filipe Carvalho Ramos

scr@isep.ipp.pt

Mestre em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, na Área Científica de Sistemas Eléctricos de Energia, pelo Instituto Superior Técnico de Lisboa.

Aluno de doutoramento em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores no Instituto Superior Técnico de Lisboa.

Docente do Departamento de Engenharia Eletrotécnica do curso de Sistemas Eléctricos de Energia do Instituto Superior de Engenharia do Porto desde 2001.

Prestação, para diversas empresas, de serviços de projeto de instalações eléctricas, telecomunicações e segurança, formação, assessoria e consultadoria técnica.

Investigador do GECAD (Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão), do ISEP, desde 2002.

CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO PÓS-GRADUADA EM

Projeto de Instalações Elétricas

OBJETIVOS

Promover competências aos pós-graduados no âmbito do projeto, execução, exploração e utilização de instalações elétricas de serviço público e serviço particular e, de uma forma integrada, abordar todos os assuntos relacionados com a conceção de instalações elétricas de média e baixa tensão.

DESTINATÁRIOS

O curso destina-se a bacharéis, licenciados e mestres recém formados na área da Engenharia Eletrotécnica e/ou Engenharia Eletrónica, assim como quadros no activo que pretendam atualizar conhecimentos ou adquirir competências no âmbito da conceção e utilização de instalações elétricas.

PLANO CURRICULAR

- Equipamentos e Sistemas de Proteção
- Instalações Elétricas
- Técnicas e Tecnologias de Eficiência Energética
- Projeto Integrador

LOCAL

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431, 4200-072 Porto
Tel. 228 340 500 – Fax: 228 321 159

Info: jbc@isep.ipp.pt

