

ESPECIFICAÇÃO DE PROTECÇÃO FOGO PARA ESTRUTURAS DE MADEIRA

RICARDO SAMUEL ALBERTO ANASTÁCIO

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES CIVIS

Orientador: Professor José Manuel Marques Amorim de A. Faria

JULHO DE 2010

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2009/2010

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2009/2010 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2010*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

Às pessoas especiais da minha vida

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao meu orientador, Prof. José Amorim Faria, pelo seu contributo na definição de etapas e estratégias para o desenvolvimento deste trabalho, pelo seu tempo disponibilizado e pela partilha de conhecimentos que enriqueceu em muito esta dissertação.

Ao Prof. Miguel Chichorro Gonçalves, que esteve sempre disponível para me auxiliar no desenvolvimento do trabalho, partilhando o todo seu conhecimento sobre o tema.

Aos meus pais e irmão, responsáveis pela pessoa que hoje sou, que mesmo estando longe sempre me ofereceram tudo o que a vida tem de melhor, depositando toda a sua força e confiança em prol do meu sucesso. A eles o meu eterno e sincero agradecimento pelo seu amor e carinho.

À Vanessa, minha namorada e cúmplice, que com a sua personalidade inigualável, está e estará sempre de mão dada comigo em todos os momentos da vida. Agradeço-lhe profundamente toda a ajuda neste trabalho e principalmente a força que me concede para ultrapassar todos os obstáculos que surgem, sempre com todo o seu carinho e amor.

Ao Nuno, companheiro e grande amigo desde o início do meu percurso académico, pessoa que considero como família e a quem eu agradeço toda a sua verdadeira amizade.

Aos meus amigos que estiveram sempre comigo, aos quais agradeço o seu tempo, toda a sua paciência e amizade. Com eles cresci como pessoa, partilhando momentos inesquecíveis que vão ficar guardados para sempre.

RESUMO

Esta dissertação tem como objectivo principal a preparação de especificações tipo de produtos de protecção fogo para elementos construtivos de madeira, incluindo estruturas e outros sistemas à base de madeira e derivados. Com esse objectivo, procedeu-se à pesquisa dos diversos processos e produtos disponíveis no mercado Ibérico que asseguram a protecção da madeira na construção. A documentação recolhida serviu de base à preparação de especificações tipo elaboradas no âmbito deste estudo. A investigação foi orientada no sentido de possibilitar uma melhor compreensão sobre o tema e sintetizar informação que permita avaliar as situações em que a protecção fogo se impõe, bem como na definição de critérios de escolha do sistema de protecção fogo mais adequado a cada caso, considerando o elemento de madeira em causa.

Na construção actual, muitos dos produtos de protecção fogo utilizados em elementos construtivos de madeira, seja em ambiente exterior ou interior, por vezes têm resultados insatisfatórios, quer pela utilização de produtos inadequados, quer pela incorrecta aplicação. Para tal, é necessário conhecer bem os dois principais intervenientes: a madeira e os tipos de protecção fogo.

Em relação à madeira é preciso conhecer as principais características que podem interferir com as protecções fogo a aplicar. Além disso, é preciso proteger cada um dos principais elementos de madeira vulgarmente usados na construção, considerando as características que os distinguem e as funções desempenhadas por cada um. Uma descrição sintética dos principais elementos estruturais e arquitectónicos em madeira é assim apresentada no capítulo 3 de modo a melhor enquadrar o objecto da dissertação.

As tintas, por sua vez, possuem uma série de características que as tornam mais ou menos apropriadas para determinado fim. Uma apresentação geral e resumida das tintas como material de construção, com destaque para o grupo das tintas, vernizes e produtos ignífugos e intumescentes para madeira apresenta-se no capítulo 4.

Descritos os dois intervenientes principais (madeira e tintas e vernizes para madeira), foi realizada uma pesquisa de mercado visando o levantamento o mais alargado possível dos produtos de protecção fogo disponíveis no mercado Ibérico, tendo sido analisadas atentamente as suas fichas técnicas do que resultaram quadros resumo dos principais produtos disponíveis e tabelas que relacionam os tipos de protecção existentes com as soluções de revestimento de elementos estruturais, ou não estruturais em madeira, incluindo as designadas casas de madeira. Esta informação consta do capítulo 5.

Com base nas fichas técnicas seleccionadas dos produtores, preparou-se uma especificação técnica tipo para execução dos trabalhos (incluída no Anexo II) e 4 quadros tipo de apoio à especificação em projecto, que constam do capítulo 6. A informação está organizada sob a forma de tabelas com esquemas de aplicação consoante o tipo de protecção a utilizar, de modo a simplificar a decisão de escolha.

Por fim, apresentam-se as principais conclusões deste trabalho, realçando e sugerindo para um futuro próximo ideias que permitam melhores aplicações na área temática específica da protecção fogo de elementos construtivos em madeira, incluindo os estruturais.

PALAVRAS-CHAVE: protecção fogo, intumescentes, ignífugos, elementos de madeira

ABSTRACT

This dissertation has as main objective the preparation of general standard specifications for fire protection products for wood structures.

Considering this objective, a search of the various processes and products available in the Iberian market that ensure the protection of wood in construction was performed. The selected documentation was used as a basis for the preparation of some innovative documentation concerning fire protection of wood construction elements. The research was oriented towards providing a better understanding of the topic and summarizes information that can be used by professionals to a better design and execution of fire protection of wood construction elements.

Actually, in construction many of the fire protection products used to protect the wood elements, whether indoor or outdoor environment, often offer poor results, either by the use of inappropriate products or of an improper application. In order to perform a better design job, it is necessary to know the two main actors: the wood and the types of available fire protection.

Regarding wood it is necessary to know its main features that can interfere with fire protection. Besides that, one needs to protect the main wood elements commonly used in construction, considering the characteristics that distinguish them and the functions performed by each. This protection involves three main fields (fire, preservation and finishing). The wooden construction elements, both structural and for others uses, are presented in chapter 3.

Paints and varnishes, in turn, have a number of characteristics that make them more or less appropriate for a particular purpose. An overview and summary of paint as a building material, especially in terms of products and solutions available for wood protection and coatings is presented in Chapter 4.

Exposed the two main actors (wood and wood protection products), a market research survey of the Iberian market was performed. Many specifications of fire protection products available in the Iberian market were gathered and studied. This information is presented in chapter 5, that also includes a summary of the main types of wood construction solutions, including wooden houses and its relation with the examples of the Iberian market available solutions.

Considering that information and the general studies presented on the previous chapters, 4 summary design tables of the main families of fire protection products were prepared and presented on chapter 6. The above mentioned general standard specification is included on appendix II and explains and develops in more broad terms the 4 mentioned tables.

This information aims to simplify the designer's job when specifying a wood fire protection solution and also to point out the major problems that should be carefully considered and solved in each particular project.

Finally, the main conclusions of the dissertation are presented, highlighting and suggesting ideas for the near future to enable better applications in this specific subject area of fire protection for construction timber elements, including those performing structural functions.

Key-Words: fire protection, intumescent, flame-retardant, wood elements.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	III
ABSTRACT	V
SÍMBOLOS E ABREVIATURAS	XV
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJECTO, ÂMBITO, JUSTIFICAÇÃO	1
1.2. BASES DO TRABALHO DESENVOLVIDO	2
1.3. ORGANIZAÇÃO DO PROJECTO	2
2. O COMPORTAMENTO AO FOGO DA MADEIRA	5
2.1. INTRODUÇÃO HISTÓRICA SOBRE A UTILIZAÇÃO DA MADEIRA	5
2.2. A MADEIRA	5
2.2.1. UTILIZAÇÃO DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL	7
2.2.2. A COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA MADEIRA	8
2.2.3. A PRODUÇÃO DA MADEIRA	8
2.3. INCÊNDIOS EM EDIFÍCIOS – CONCEITOS GERAIS	9
2.3.1. ACÇÃO DO FOGO	9
2.3.2. FORMAS DE COMBUSTÃO	11
2.4. COMPORTAMENTO DA MADEIRA SOB A ACÇÃO DO FOGO	15
2.5. REACÇÃO AO FOGO	16
2.6. RESISTÊNCIA AO FOGO	19
2.7. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS APLICÁVEIS	21
2.7.1. DECRETO-LEI Nº 220/2008	21
2.7.2. PORTARIA Nº1532/2008	23
2.7.3. EUROCÓDIGO 5 – PARTE 1-2	27
3. A MADEIRA E A PROTECÇÃO FOGO	29
3.1. INTRODUÇÃO	29
3.2. MATERIAIS USADOS NA CONSTRUÇÃO EM MADEIRA	29
3.2.1. DERIVADOS DA MADEIRA	30
3.2.1.1. Madeira Lamelada Colada (“Glue Laminated Timber” - Glulam)	30

3.2.1.2. LVL (“Laminated veneer lumber”)	31
3.2.1.3. PSL (“Parallel strand lumber”).....	31
3.2.1.4. Painéis de Aglomerados	31
3.2.1.5. Contraplacados	33
3.3. USOS CORRENTES DA MADEIRA.....	34
3.3.1. EDIFÍCIOS CORRENTES	34
3.3.1.1. Casas de Madeira	34
3.3.1.2. Revestimentos Exteriores e Interiores	35
3.3.1.3. Pavimentos.....	36
3.3.1.4. Caixilharias	36
3.3.1.5. Portas	37
3.3.1.6. Coberturas.....	38
3.3.1.7. Lambris e Forros de Telhados	38
3.3.1.8. Escadas.....	39
3.3.2. EDIFÍCIOS PARA USOS ESPECIAIS	39
3.3.3. CONSTRUÇÃO NAVAL.....	40
3.3.4. MOBILIÁRIO URBANO.....	41
3.3.5. COFRAGENS.....	41
3.3.6. OUTROS USOS DA MADEIRA.....	42
3.3.6.1. Decoração	42
3.3.6.2. Postes.....	42
3.4. NECESSIDADE DE PROTECÇÃO FOGO	43
4. TINTAS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	45
4.1. RAZÕES PARA A UTILIZAÇÃO DE TINTAS OU VERNIZES	45
4.2. TINTAS E VERNIZES – DEFINIÇÕES.....	45
4.3. COMPONENTES DAS TINTAS E VERNIZES	45
4.3.1. PIGMENTOS	45
4.3.1.1. Pigmentos Básicos.....	46
4.3.1.2. Cargas (ou Pigmentos Extendedores).....	46
4.3.2. VEÍCULO FIXO (LIGANTES).....	47
4.3.3. VEÍCULO VOLÁTIL	48
4.3.4. TINTAS À BASE DE ÁGUA.....	48
4.3.5. TINTAS À BASE DE SOLVENTE.....	49

4.3.6. ADITIVOS.....	49
4.4. CLASSIFICAÇÃO DAS TINTAS.....	49
5. PROTECÇÃO FOGO - PESQUISA DE MERCADO.....	51
5.1. INTRODUÇÃO E ÂMBITO DA PESQUISA.....	51
5.2. O MERCADO IBÉRICO.....	51
5.3. METODOLOGIA DA PESQUISA.....	52
5.3.1. PRODUTOS APLICÁVEIS À PROTECÇÃO FOGO DA MADEIRA.....	52
5.4. SUGESTÕES DE PRODUTOS.....	55
5.4.1. PAVIMENTOS E ESCADAS.....	56
5.4.2. PORTAS, CAIXILHARIAS E MOBILIÁRIO.....	57
5.4.3. DIVISÓRIAS, PAREDES, TECTOS E LAMBRIS.....	58
5.5. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS TIPO.....	58
5.6. FICHAS TÉCNICAS – INFORMAÇÃO GERAL.....	58
6. PROTECÇÃO FOGO DA MADEIRA.....	59
6.1. INTRODUÇÃO.....	59
6.2. PRINCÍPIOS E RECOMENDAÇÕES FUNDAMENTAIS.....	59
6.3. PRODUTOS APLICADOS PELO MÉTODO DE AUTOCLAVE.....	61
6.4. PROTECTORES IGNÍFUGOS.....	61
6.4.1. ASPECTOS GERAIS.....	61
6.4.2. PINTURAS E VERNIZES IGNÍFUGOS.....	61
6.5. PROTECTORES INTUMESCENTES.....	62
6.6. ESPECIFICAÇÃO DE PRODUTOS DE PROTECÇÃO FOGO.....	63
6.7. EXECUÇÃO DOS TRABALHOS.....	67
6.8. ESCOLHA DA SOLUÇÃO DE PINTURA/TRATAMENTO – REGRAS GERAIS.....	67
6.9. PROTECÇÃO FOGO – RECOMENDAÇÕES PRINCIPAIS.....	68
6.10. PROTECÇÃO FOGO E ACABAMENTO FINAL.....	70
7. CONCLUSÃO.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. – Constituição do tronco. [65]	6
Figura 2.2. – Abate de uma árvore. [66]	8
Figura 2.3. – Toros de uma árvore. [66].....	9
Figura 2.4 – Processo de Falquejar. [4]	9
Figura 2.5 – Triângulo do Fogo. [5].....	10
Figura 2.6 – Tetraedro do Fogo. [5]	10
Figura 2.7. – Transmissão de calor por radiação. [5].....	13
Figura 2.8. – Transmissão de calor por condução. [5].....	13
Figura 2.9. – Transmissão de calor por convecção. [5]	14
Figura 2.10. – Viga Carbonizada. [35]	15
Figura 3.1. – Madeira lamelada colada. [9].....	30
Figura 3.2. – Construção com Lamelados colados. [68].....	30
Figura 3.3. – Laminated veneer lumber. [9]	31
Figura 3.4. – Parallel strand lumber. [69]	31
Figura 3.5. – Construção com PSL. [70].....	31
Figura 3.6. – Aglomerado de partículas. [71]	32
Figura 3.7. – Aglomerados Revestidos com Folha de Madeira. [25].....	32
Figura 3.8. – Aglomerado de Fibras (MDF). [25]	32
Figura 3.9. – Aglomerados de Partículas Longas e Orientadas. [72]	33
Figura 3.10. – Exemplo de textura do OSB. [73]	33
Figura 3.11. – Contraplacado comum. [25].....	34
Figura 3.12. – Contraplacado marítimo. [74].....	34
Figura 3.13. – Acabamento em contraplacado [75]	34
Figura 3.14. – Exemplo de casa de madeira. [76]	35
Figura 3.15. – Interior de uma casa de madeira. [77]	35
Figura 3.16. – Exemplo de revestimento exterior. [78]	35
Figura 3.17. – Exemplo de revestimento interior. [79]	35
Figura 3.18. – Exemplo de pavimento de madeira. [80]	36
Figura 3.19. – Exemplo de caixilharia de madeira. [81].....	37
Figura 3.20. – Exemplo de caixilharia de madeira. [81].....	37
Figura 3.21. – Porta de madeira.....	37
Figura 3.22. – Cobertura de madeira. [82]	38
Figura 3.23. – Asna de madeira. [83].....	38

Figura 3.24. – Exemplo de Lambris de madeira. [84]	38
Figura 3.25. – Exemplos de escadas de madeira. [85].....	39
Figura 3.26. – Cobertura em lamelado colado. [86].....	40
Figura 3.27. – Barcos de madeira. [87]	40
Figura 3.28. – Mobiliário em madeira. [88].....	41
Figura 3.29. – Exemplos de decoração. [89] [90]	42
Figura 3.30. – Poste de electricidade. [90].....	43
Figura 3.31. – Postes para construção. [91]	43
Figura 6.1. – Funcionamento de um produto intumescente. [47]	63

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 – Simbologia da Classificação da Reacção ao fogo. [6].....	16
Quadro 2.2 – Classes de reacção ao fogo para produtos de construção, excluindo pavimentos. [6].....	17
Quadro 2.3 – Classes reacção ao fogo para produtos de construção de pavimentos, incluindo revestimentos. [6]	17
Quadro 2.4 – Classes de reacção ao fogo de produtos lineares para isolamento térmico de condutas. [6].....	18
Quadro 2.5 – Classificação indicativa de materiais de acordo com as Euroclasses. [6].....	19
Quadro 2.6 – Factores de classificação de desempenho de reacção ao fogo dos produtos de construção. [6].....	20
Quadro 2.7 – Correlação da nomenclatura antiga com a regulamentação em vigor. [6]	20
Quadro 2.8 – Factores de risco para cada utilização-tipo. [6]	23
Quadro 2.9 – Exigência de resistência ao fogo de cada utilização-tipo e respectiva categoria de risco. [6]	23
Quadro 4.1 – Classificação das tintas. [12].....	50
Quadro 5.1 – Pesquisa de mercado Ibérico (Vernizes e impregnantes)	53
Quadro 5.2 – Pesquisa de mercado Ibérico (Primários, tintas e esmaltes).....	54
Quadro 5.3 – Sugestões de produtos para pavimentos e escadas	56
Quadro 5.4 – Sugestões de produtos portas, caixilharias e mobiliário	57
Quadro 5.5 – Sugestões de produtos para divisórias, paredes, tectos e lambris	58
Quadro 6.1 – Esquema de Aplicação (Processo ignífugo)	64
Quadro 6.2 – Esquema de Aplicação (Processo intumescente)	65
Quadro 6.3 – Esquema de Aplicação (Protecção mista com vernizes).....	66
Quadro 6.4 – Esquema de Aplicação (Protecção mista com tintas).....	66
Quadro 6.5 – Comparação entre tintas e vernizes	67
Quadro 6.6 – Comparação entre os produtos ignífugos e intumescentes	68

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

OSB	“Oriented Strand Board” ou aglomerado de partículas de madeira longas e orientadas
MDF	“Medium-Density Fiberboard” ou aglomerados de fibra de madeira de média densidade
LVL	“Laminated Veneer Lumber” ou Lâmina de Madeira Serrada
PSL	“Parallel strand lumber”
RS	“Responsável pela Segurança”
FR	“Retardante ao fogo”
GLULAM	“Glue Laminated Timber”
RJ-SCIE	“Regulamento Jurídico de Segurança contra Incêndios em Edifícios”
NP	“Norma Portuguesa”

