

Instituto Politécnico de Viseu

Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu



RESUMO

As estruturas metálicas possuem a característica de elevada condutibilidade térmica, o que provoca um rápido aumento de temperatura em situação de incêndio, e por consequência a perda da capacidade resistente da estrutura, proporcionalmente.

As proteções passivas contra o fogo para estruturas metálicas são materiais que envolvem os elementos da estrutura, providenciando um retardo do aumento da temperatura, mantendo a capacidade resistente da estrutura por um período superior.

Neste trabalho são apresentadas soluções de proteção passiva contra incêndio disponíveis em três empresas nacionais especializadas nesta matéria, e é realizado um estudo comparativo. Posteriormente, são apresentados exemplos de cálculo de verificação dos elementos de uma estrutura metálica em situação de incêndio, com e sem proteção contra incêndio, tendo em conta os Eurocódigos EC0, EC1 e EC3.

ABSTRACT

Metallic structures have high thermal conductivity, which causes a fast increase in temperature in fire situations, and consequently the loss of the structure's resistant capacity, proportionally.

Existing passive fire protections for metallic structures are materials that surround the elements of the structure, providing a delay in temperature rise, maintaining the structure's resistant capacity for a longer period.

In this essay, several passive fire protection solutions available in three national companies specialized in this matter are presented and a comparative study is carried out. Subsequently, examples of calculation of verification of the elements of a metallic structure in a fire situation are presented, with and without fire protection, according to Eurocodes EC0, EC1 and EC3.

PALAVRAS CHAVE

Incêndio

Proteção passiva contra o incêndio

Estruturas metálicas

Verificação da resistência ao fogo

KEY WORDS

Fire
Passive fire protection
Metallic structures
Structural fire design

AGRADECIMENTOS

Deixo registrada a minha gratidão a Deus por ter me capacitado e oferecido oportunidades para que pudesse cursar Engenharia Civil, e chegar até a elaboração deste trabalho.

Também à minha família, em especial aos meus pais e avós, por todo o suporte a mim oferecido, em todos os sentidos, durante toda a vida e no percurso acadêmico, sempre comigo me apoiando nos momentos bons e ruins.

Agradeço aos meus amigos de Xanxerê, da UTFPR, e aos que fiz em Portugal, parceiros durante a faculdade, na vida, e na elaboração deste trabalho, com palavras de encorajamento nos momentos de desânimo, sempre compartilhando experiências e conhecimentos.

Um agradecimento também aos meus orientadores, pela disponibilidade de tempo para compartilhar seus conhecimentos, esclarecimento de dúvidas e toda a ajuda prestada. Agradeço em especial ao professor Gilberto Rouxinol pela ajuda na elaboração das folhas de excel em VBA, que permitem realizar a verificação ao fogo dos elementos do tipo viga e do tipo pilar de uma estrutura metálica, e na elaboração de um algoritmo em linguagem algébrica no IDE Wolfram Alpha para a análise de estruturas hiperestáticas.

ÍNDICE GERAL

1. Introdução.....	2
1.1 Objetivos.....	3
1.2 Organização.....	4
2. Revisão Bibliográfica.....	6
2.1 O fogo.....	6
2.1.1 O combustível.....	7
2.1.2 O comburente.....	9
2.1.3 A energia de ativação – Calor.....	9
2.1.4 A reação em cadeia.....	10
2.2 Incêndio.....	11
2.2.1 Dinâmica dos incêndios.....	11
2.2.1.1 Primeira fase – Pré-ignição.....	12
2.2.1.2 Segunda fase – Crescimento do incêndio.....	13
2.2.1.3 Terceira fase– Incêndio desenvolvido.....	13
2.2.1.4 Quarta fase – Extinção do fogo.....	13
2.2.2 Carga de Incêndio.....	14
2.3 Resistência ao fogo requerida.....	14
2.4 Comportamento do aço quando sujeito ao fogo.....	17
2.4.1 Fator de massividade.....	17
2.5 Proteções contra o fogo para estruturas metálicas.....	20
2.5.1 Propriedades térmicas e físicas dos materiais de proteção.....	22
2.5.1.1 Calor específico.....	22
2.5.1.2 Condutividade térmica.....	22
2.5.1.3 Massa específica.....	22
2.5.2 Materiais de proteção projetados.....	22
2.5.2.1 Argamassa projetada.....	23
2.5.2.2 Fibra projetada.....	23
2.5.2.3 Argamassa vermiculíta projetada.....	24
2.5.3 Materiais de proteção rígidos.....	24
2.5.3.1 Placas de gesso.....	24
2.5.3.2 Placas de lã de rocha.....	25

ÍNDICE GERAL

2.5.3.3	Mantas cerâmicas	25
2.5.4	Tintas/Revestimentos intumescentes	25
2.5.5	Enclausuramento em betão	26
3.	Empresas e seus produtos	28
3.1	Empresas	28
3.1.1	Exuvent.....	28
3.1.2	Knauf	28
3.1.3	TRIA.....	29
3.2	Produtos	29
3.2.1	Painéis corta fogo	29
3.2.1.1	Exuvent Tecbor	29
3.2.1.2	K25D – Knauf	30
3.2.1.3	Fireboard GM-F K751 - Knauf	32
3.2.1.4	Resumo das especificações técnicas dos painéis corta fogo	33
3.2.2	Argamassas projetadas	33
3.2.2.1	Exuvent Tecwool F	33
3.2.2.2	Vermiplaster 911a – Knauf	33
3.2.2.3	TRIA Promaspray F250	34
3.2.2.4	Biofire – TRIA	35
3.2.2.5	Biofire plus – TRIA.....	35
3.2.2.6	Resumo das especificações técnicas das argamassas projetadas	36
3.2.3	Tinta/revestimento intumescente	37
3.2.3.1	Flamopaint W3 – TRIA.....	37
3.2.3.2	IC300WB – TRIA	38
3.2.3.3	Flamopaint W-S – TRIA	38
3.2.3.4	Resumo das especificações técnicas tintas e revestimentos intumescentes	39
4.	Dimensionamento de estruturas metálicas em situação de incêndio.....	41
4.1	Classificação das secções transversais.....	41
4.2	Temperatura crítica	44
4.3	Temperatura do elemento sem proteção contra o fogo.....	45
4.4	Temperatura do elemento com proteção contra o fogo	48
4.5	Vigas com secções transversais da Classe 1 ou 2	49
4.5.1	Resistência do elemento sem proteção - momento fletor	49
4.5.2	Resistência do elemento sem proteção - esforço transversal.....	49

ÍNDICE GERAL

4.5.3	Resistência do elemento sem proteção - esforço normal.....	51
4.6	Elementos comprimidos com secções transversais da Classe 1, Classe 2 e Classe 3	52
4.7	Elementos com secções transversais da Classe 1, 2 e 3 - flexão composta com compressão.	53
5.	Estudo de caso	58
5.1	Definição da estrutura de estudo.....	58
5.2	Estudo da viga.....	68
5.2.1	Classificação da secção transversal	68
5.2.2	Resistência do elemento sem proteção com relação ao momento fletor	69
5.2.3	Resistência ao fogo do elemento com proteção.....	70
5.2.3.1	Considerando o momento fletor	71
5.2.3.2	Painéis corta-fogo.....	71
5.2.3.2.1	Exuvent Tecbor	71
5.2.3.2.2	Fireboard GM F K751 - Knauf	73
5.2.3.3	Argamassas projetadas	76
5.2.3.3.1	Tria Promospay F250.....	76
5.2.3.3.2	Biofire - Tria.....	78
5.2.3.3.3	Biofire Plus - Tria.....	80
5.2.4	Resistência do elemento sem proteção em relação ao esforço transversal.....	82
5.2.5	Resistência do elemento sem proteção em relação ao esforço normal.....	82
5.3	Estudo do pilar	84
5.3.1	Classificação da secção transversal	84
5.3.2	Elemento comprimido	85
5.3.3	Elemento sujeito a flexão com compressão.....	86
5.3.4	Resistência do pilar sem proteção	87
5.3.5	Resistência ao fogo do elemento com proteção.....	88
5.3.5.1	Painéis corta-fogo.....	88
5.3.5.1.1	Exuvent Tecbor	88
5.3.5.1.2	Fireboard GM F K751 – Knauf.....	90
5.3.5.2	Argamassas projetadas	92
5.3.5.2.1	Tria Promospay F250.....	92
5.3.5.2.2	Biofire – Tria.....	93
5.3.5.2.3	Biofire Plus - Tria.....	95
5.4	Considerações finais do estudo de caso	96
6.	Conclusão	99

ÍNDICE GERAL

Referências	102
Anexo – A: Anexo III do Regime Jurídico de Segurança Contra Incêndios em Edifícios (Decreto Lei nº 220/2008).....	105
Anexo – B: Catálogo Exuvent Tecbor.....	107
Anexo – C: Catálogo K25D – Knauf.....	109
Anexo – D: Catálogo Knauf Fireboard GM-F	121
Anexo – E: Catálogo Exuvent Tecwool	123
Anexo - F: Catálogo Vermiplaster 911A – Knauf.....	125
Anexo – G: Catálogo Tria Promospray F250.....	137
Anexo – H: Catálogo Biofire – Tria	147
Anexo – I: Catálogo Biofire Plus – Tria.....	167
Anexo – J: Catálogo Flamopaint W3 – Tria.....	175
Anexo – K: Catálogo Tria IC300 WB.....	181
Anexo – L: Catálogo Flamopaint W-S – Tria	186

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Torre Windsor após incêndio (Mesquita, 2013).....	3
Figura 2-1: Tetraedro do fogo (adaptado de Seito <i>et al.</i> , 2008)	6
Figura 2-2: Mecanismo de ignição do combustível sólido (Seito <i>et al.</i> , 2008).....	8
Figura 2-3: Mecanismo de ignição do combustível líquido (Seito <i>et al.</i> , 2008)	8
Figura 2-4: Mecanismo de ignição do combustível gasoso (Seito <i>et al.</i> , 2008).....	8
Figura 2-5: Curva de evolução do incêndio natural (Seito <i>et al.</i> , 2008).....	12
Figura 2-6: Evolução da temperatura do aço com proteção térmica (Pannoni, 2007)	21
Figura 2-7: Argamassa projetada (Gérken, 2007)	23
Figura 2-8: Esquema do sistema de placas de gesso cartonado (Gérken, 2007).....	25
Figura 2-9: Reação da tinta intumescente ao calor (Gérken, 2007)	26
Figura 2-10: Camadas de pintura intumescente (Gérken, 2007)	26
Figura 3-1: Pormenor da proteção K252 em vigas.....	31
Figura 3-2: Pormenor da proteção K253 em pilares.....	31
Figura 3-3: Especificações técnicas Fireboard GM-F K751.	32
Figura 3-4: Dados técnicos Vermiplaster 911a.	34
Figura 4-1: Classificação das secções - 1 de 3 (EN 1993-1-1, 2010).....	42
Figura 4-2: Classificação das secções - 2 de 3 (EN 1993-1-1, 2010).....	43
Figura 4-3: Classificação das secções - 3 de 3 (EN 1993-1-1, 2010).....	44
Figura 4-4: Calor específico do aço carbono em função da temperatura (EN 1993-1-2, 2010)	47
Figura 4-5: Fatores de redução do aço carbono a temperaturas elevadas (EN 1993-1-2, 2010)	51
Figura 4-6: Comprimento de encurvadura (EN 1993-1-2, 2010).....	53
Figura 5-1: Representação 3D da estrutura	58
Figura 5-2: Planta baixa da estrutura.....	59
Figura 5-3: Vista da direção 1	59
Figura 5-4: Vista da direção 2	60
Figura 5-5: Perfil HEA 300 e IPE 400 (ARBED)	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 5-6: Representação 3D dos elementos em estudo – pórtico a azul e elementos a vermelho	62
Figura 5-7: Representação em planta do pórtico em estudo.....	62
Figura 5-8: Alçado na Direção 1 dos elementos em estudo	63
Figura 5-9: Momentos fletores da Combinação 1 (Wolfram Alpha Mathematica, 2021)	64
Figura 5-10: Esforços transversos da Combinação 1 (Wolfram Alpha Mathematica, 2021)...	64
Figura 5-11: Esforços normais da Combinação 1 (Wolfram Alpha Mathematica, 2021).....	65
Figura 5-12: Momentos fletores da Combinação 2 (Wolfram Alpha Mathematica, 2021)	65
Figura 5-13: Esforços transversos da Combinação 2 (Wolfram Alpha Mathematica, 2021)...	66
Figura 5-14: Esforços normais da Combinação 2 (Wolfram Alpha Mathematica, 2021).....	66
Figura 5-15: Momentos fletores da Combinação 3 (Wolfram Alpha Mathematica, 2021)	67
Figura 5-16: Esforços transversos da Combinação 3 (Wolfram Alpha Mathematica, 2021)...	67
Figura 5-17: Esforços normais da Combinação 3 (Wolfram Alpha Mathematica, 2021).....	68

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2-1: Limite de explosividade de algumas substâncias (adaptado de Seito <i>et al.</i> , 2008)	7
Quadro 2-2: Definição de ponto de fulgor, combustão e ignição.....	9
Quadro 2-3: Risco x Carga de incêndio (adaptado de Gérken, 2007).....	14
Quadro 2-4: Resistência ao fogo padrão mínima de elementos estruturais de edifícios (adaptado da Portaria nº 1532, 2008)	14
Quadro 2-5: Fator de massividade para elementos de aço não protegidos (EN 1993-1-2, 2010)	18
Quadro 2-6: Fator de massividade para elementos de aço isolados por material de proteção contra incêndio (EN 1993-1-2, 2010).....	20
Quadro 3-1: Características e especificações técnicas Exuvent Tecbor.....	30
Quadro 3-2: Resumo de especificações técnicas dos painéis corta fogo.....	33
Quadro 3-3: Características TRIA Promaspray F250.....	34
Quadro 3-4: Características da argamassa Biofire.	35
Quadro 3-5: Especificações técnicas da argamassa Biofire Plus.	36
Quadro 3-6: Resumo das especificações técnicas das argamassas projetadas.	36
Quadro 3-7: Características técnicas da tinta Flamopaint W3.	37
Quadro 3-8: Características da tinta Flamopaint W-S.....	39
Quadro 3-9: Resumo das especificações técnicas das tintas e revestimentos intumescentes...	39
Quadro 4-1: Temperatura crítica e grau de utilização (EN 1993-1-2, 2010)	45
Quadro 4-2: Coeficiente de momento uniforme (EN 1993-1-2, 2010).....	55
Quadro 4-3: Fator C_1 (Franssen e Real. 2010).....	56
Quadro 5-1: Propriedades perfis (ARBED).....	61
Quadro 5-2: Esforços na viga	68
Quadro 5-3: Esforços no pilar	68
Quadro 5-4: Classificação da secção IPE 400	69
Quadro 5-5: Momento resistente a meio vão	69
Quadro 5-6: Valores para a equação do aumento de temperatura no elemento sem proteção .	70
Quadro 5-7: Aumento da temperatura em função do tempo considerando o momento fletor na viga sem proteção	70

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 5-8: Características Exuvent Tecbor.....	71
Quadro 5-9: Exuvent tecbor – Viga - 5 mm	71
Quadro 5-10: Exuvent tecbor – Viga - 15 mm	72
Quadro 5-11: Exuvent tecbor – Viga - 20 mm	72
Quadro 5-12: Exuvent tecbor – Viga - 18 mm	73
Quadro 5-13: Exuvent tecbor – Viga - 19 mm	73
Quadro 5-14: Características Fireboard GM F K751.	74
Quadro 5-15: Fireboard GM F K751 – Viga - 12,5 mm	74
Quadro 5-16: Fireboard GM F K751 – Viga - 15 mm	75
Quadro 5-17: Fireboard GM F K751 – Viga - 20 mm	75
Quadro 5-18: Fireboard GM F K751 – Viga - 16 mm	76
Quadro 5-19: Características Tria Promospray F250.	76
Quadro 5-20: Tria Promospray F250 – Viga - 18 mm	77
Quadro 5-21: Tria Promospray F250 – Viga - 5 mm	77
Quadro 5-22: Tria Promospray F250 – Viga - 6 mm	78
Quadro 5-23: Características Biofire - Tria.	78
Quadro 5-24: Biofire - Tria - Viga - 17mm.....	79
Quadro 5-25: Biofire - Tria – Viga 11 mm	79
Quadro 5-26: Biofire - Tria – Viga - 12 mm	80
Quadro 5-27: Características Biofire Plus - Tria.	80
Quadro 5-28: Biofire Plus- Tria – Viga - 10 mm	81
Quadro 5-29: Biofire Plus- Tria – Viga - 8 mm	81
Quadro 5-30: Biofire Plus- Tria – Viga - 9 mm	82
Quadro 5-31: Esforço transverso.....	82
Quadro 5-32: Esforço normal	83
Quadro 5-33: Valores para a equação do aumento de temperatura no elemento sem proteção – esforço normal	83
Quadro 5-34: Aumento da temperatura em função do tempo considerando o esforço normal na viga sem proteção	84
Quadro 5-35: Classificação da secção HEA 300 em compressão pura.....	85
Quadro 5-36: Classificação da secção HEA 300 em flexão pura.....	85

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 5-37 Classificação da secção HEA 300 em combinação compressão-flexão	85
Quadro 5-38: Resistência à encurvadura	85
Quadro 5-39: Grau de utilização inicial	86
Quadro 5-40: Grau de utilização - iteração 1	86
Quadro 5-41: Grau de utilização - iteração 2	87
Quadro 5-42: Valores para a equação do aumento de temperatura no pilar sem proteção	87
Quadro 5-43: Determinação do aumento da temperatura em função do tempo no pilar sem proteção	88
Quadro 5-44: Exuvent tecbor – Pilar - 5 mm	89
Quadro 5-45: Exuvent tecbor – Pilar - 10 mm	89
Quadro 5-46: Exuvent tecbor – Pilar - 12 mm	90
Quadro 5-47: Exuvent tecbor – Pilar - 11 mm	90
Quadro 5-48: Fireboard GM F K751– Pilar - 12,5 mm	91
Quadro 5-49: Fireboard GM F K751– Pilar - 8 mm	91
Quadro 5-50: Fireboard GM F K751– Pilar - 9 mm	92
Quadro 5-51: Tria Promospray F250 – Pilar - 18 mm	92
Quadro 5-52: Tria Promospray F250 – Pilar - 3 mm	93
Quadro 5-53: Tria Promospray F250 – Pilar - 4 mm	93
Quadro 5-54: Biofire – Pilar - 17 mm	94
Quadro 5-55: Biofire – Pilar - 7 mm	94
Quadro 5-56: Biofire – Pilar - 8 mm	95
Quadro 5-57: Biofire Plus – Pilar - 10 mm	95
Quadro 5-58: Biofire Plus – Pilar - 5 mm	96
Quadro 5-59: Biofire Plus – Pilar - 6 mm	96
Quadro 5-60: Espessuras de proteção para a viga e para o pilar	97

1. Introdução

A estrutura metálica é opção de muitos projetistas devido às vantagens que apresenta em relação à estrutura de betão armado. Apresenta um tempo de execução menor e uma relação resistência/peso mais favorável, o que proporciona fundações mais económicas e construção em solos considerados de menor qualidade. Por outro lado, como destaca Ervedal e Lopes (2011), as desvantagens das construções em estrutura metálica são, nomeadamente, o custo de manutenção, elementos que podem estar sujeitos à encurvadura, a possibilidade da ocorrência do fenómeno de fadiga e a rotura frágil, bem como, a sua elevada condutividade térmica, que afeta as propriedades resistentes com o aumento da temperatura.

Os principais tipos de construções que utilizam o aço na sua execução são estaleiros, pavilhões, armazéns, coberturas, entre outros. Em construções para residências se utiliza mais o betão armado (Ervedal e Lopes, 2011).

Mesquita (2013) salienta que, devido ao aumento da procura de construções em estruturas metálicas, tem havido uma especial atenção na análise e dimensionamento destas no que diz respeito à situação de incêndio. Devido à elevada susceptibilidade do aço em exposto ao fogo tem se verificado também um desenvolvimento considerável de proteções passivas para as estruturas metálicas.

A Torre Windsor, em Madrid em Espanha, sofreu um incêndio no ano de 2005 quando estava a ser melhorada com obras de conservação, entre as quais incluía a instalação de proteções passivas contra o fogo. Quando o incêndio deflagrou, praticamente todos os andares inferiores ao 17.º já tinham proteção e consequentemente resistiram ao fogo. No entanto, nos andares superiores ao 17.º a situação foi contrária, como se pode observar na Figura 1-1 (Mesquita, 2013).

1. Introdução



Figura 1-1: Torre Windsor após incêndio (Mesquita, 2013)

O dimensionamento de estruturas metálicas em situação de incêndio deve satisfazer as disposições preconizadas nas respetivas partes das Normas Europeias EN 1990, 1991 e 1993. Para tal, deve garantir-se que a estrutura resista às ações permanentes, sobrecargas e acidentais. O fogo é considerado uma ação acidental e será o foco desta dissertação.

Como refere Mesquita (2013), o principal objetivo de tornar as estruturas metálicas resistentes ao fogo é o de garantir a segurança à vida humana, permitindo que o edifício seja evacuado antes do seu eventual desabamento.

1.1 Objetivos

O objetivo consiste em efetuar uma análise comparativa entre proteções passivas contra o fogo em estruturas metálicas. As proteções utilizadas no estudo são provenientes de catálogos disponibilizados por três fabricantes de proteções passivas de Portugal.

É realizado um estudo para verificar a resistência ao fogo de elementos de uma estrutura metálica com e sem as proteções. Para o estudo considera-se uma estrutura genérica em situação de incêndio, e são analisados os diferentes tipos de proteções passivas enumeradas nos diversos catálogos.

1. Introdução

1.2 Organização

A presente dissertação conta, para além deste capítulo introdutório, com mais cinco capítulos, nomeadamente, no capítulo 2 é apresentada a revisão bibliográfica, onde se expõem os principais conceitos e considerações sobre o fogo, o incêndio, o comportamento do aço sujeito ao fogo e as proteções passivas contra incêndio. No capítulo 3 são apresentadas as empresas e os seus produtos, nomeadamente, as suas características. O capítulo 4 expõe a teoria sobre o dimensionamento de estruturas metálicas em situação de incêndio segundo os Eurocódigos. O capítulo seguinte, mostra os resultados do estudo de caso, ou seja, apresenta o exemplo com as verificações contra o fogo com e sem as proteções passivas. Finalmente no último capítulo são apresentadas as conclusões.

0.

5

2. Revisão Bibliográfica

2.1 O fogo

O fogo é definido por Gérken (2007) como uma reação química exotérmica entre as seguintes substâncias: um combustível (papel, madeira, plástico, gasolina...), um gás, que é o comburente, e calor (energia de ativação ou temperatura de ignição), para que se inicie o processo de fogo. Em geral, o gás da combinação é o oxigênio. Após o início do processo, este é mantido por meio de um fenômeno de reação em cadeia, que origina subprodutos diferentes dos citados anteriormente, nomeadamente, vapor de água e dióxido de carbono. A este processo é dado o nome de teoria do Tetraedro do Fogo, ver Figura 2-1.

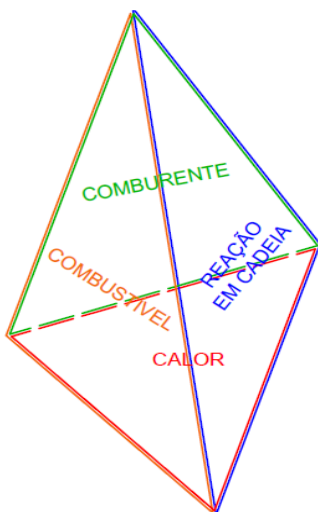


Figura 2-1: Tetraedro do fogo (adaptado de Seito *et al.*, 2008)

2. Revisão Bibliográfica

Seito *et al.* (2008) destaca que a interpretação do tetraedro do fogo é a de que cada uma das faces representa um elemento do fogo: combustível, comburente, calor e reação em cadeia; os quais devem coexistir para que o fogo ocorra e se mantenha.

Andrade (2010) destaca que para que o fogo seja iniciado e se mantenha no material combustível, tem que sofrer a influência de vários fatores, como: o estado da matéria (sólido, líquido, gasoso), a massa específica, o calor específico, o ponto de fulgor, o ponto de ignição, a composição química, entre outros. Estes fatores explicam as diferenças de comportamento dos materiais combustíveis na ignição e manutenção do fogo (Seito *et al.*, 2008).

Em seguida serão apresentados os quatro componentes do tetraedro do fogo.

2.1.1 O combustível

O combustível é a substância capaz de alimentar a combustão, fornecendo campo para a propagação do fogo. Pode ser sólido, líquido ou gasoso. Entretanto, no processo de queima a maioria dos combustíveis precisa de passar para o estado gasoso, a fim de que em combinação com o comburente (oxigênio) produza a mistura ideal, ocorrendo assim a combustão (Gérken, 2007).

A mistura inflamável, mistura explosiva, ou mistura ideal, segundo Seito *et al.* (2008), ocorre quando o gás estiver misturado com o oxigênio do ar dentro de determinadas proporções em volume. A máxima proporção de gás, vapor ou pó no ar que torna a mistura explosiva denomina-se de Limite Superior de Explosividade (LSE). Já a mínima proporção de gás, vapor ou pó no ar que torna a mistura explosiva denomina-se Limite Inferior de Explosividade (LIE). Sendo assim, existe uma faixa limitadora, entre o LIE e o LSE, na qual ocorre a ignição da mistura. O Quadro 2-1 mostra os limites de inflamabilidade de alguns gases e líquidos.

Quadro 2-1: Limite de explosividade de algumas substâncias (adaptado de Seito *et al.*, 2008)

SUBSTÂNCIA	LIE (% em volume)	LSE (% em volume)
Acetona	2,6	12,8
Acetonitrila	4,4	16,0
Benzeno	1,3	7,1
Butano	1,9	8,5
Dissulfeto de carbono	1,3	50,0
Monóxido de carbono	12,5	74,0
Ciclo hexano	1,3	8,0
Etano	3,0	12,5
Etanol	3,3	19,0
Éter	1,1	5,9
Gás natural	3,8	13,0
Gasolina	1,4	7,6
Metano	5,0	15,0
Metanol	6,7	36,0
Nafta	0,9	6,0
Pentano	1,5	7,8
Propano	2,2	9,5
Querosene	0,7	5,0
Toluene	1,2	7,1

2. Revisão Bibliográfica

A seguir é apresentado o processo de ignição de combustíveis nos três estados físicos: sólido, líquido e gasoso.

- Combustível sólido: quando exposto a um determinado nível de energia (calor ou radiação) o sólido sofre um processo de decomposição térmica, a pirólise. Assim, se desenvolvem produtos gasosos, os quais, com o oxigênio do ar formam a mistura inflamável, ou mistura explosiva. Esta, na presença de uma energia ativante (faísca, chama, centelha...) inflama-o, o que representa a ignição. Se o nível de energia incidente sobre o sólido for suficiente de forma a manter a razão da pirólise, para formar a mistura inflamável, haverá continuidade da combustão. Em geral, isto ocorre pelo calor da própria chama do material em combustão. No entanto, existem materiais sólidos que não acompanham o mecanismo citado, são os materiais pirofóricos, nomeadamente: magnésio (Mg), alumínio (Al), urânio (U), sódio (Na), potássio (K), lítio (Li), zircônio (Zr), cálcio (Ca) e titânio (Ti) (Seito *et al.*, 2008). Existem ainda os materiais que antes de se transformarem em gás passam pelo estado líquido, tais como ferro e parafina, por exemplo (Gérken, 2007), ver Figura 2-2.

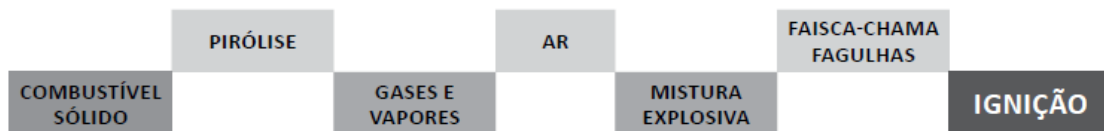


Figura 2-2: Mecanismo de ignição do combustível sólido (Seito *et al.*, 2008)

- Combustível líquido: ao ser exposto a um determinado grau de calor sofre evaporação, libertando vapores, que em contato com o oxigênio do ar formam a mistura inflamável. A qual na presença de uma energia ativante inflama. A queima continuará no caso de o líquido atingir a sua temperatura de combustão. A taxa de evaporação dos líquidos é diretamente proporcional ao seu aquecimento, o que é uma propriedade intrínseca do líquido. Nos líquidos inflamáveis ou nos combustíveis, esta propriedade permite determinar o ponto de fulgor e o ponto de combustão, que serão tratados posteriormente (Seito *et al.*, 2008). Outra propriedade importante é a volatilidade, uma característica dos líquidos que libertam vapores a temperaturas inferiores a 20°C. Quanto mais volátil o líquido, maior é a possibilidade de ocorrer fogo, ou mesmo explosão (Gérken, 2007), ver Figura 2-3.

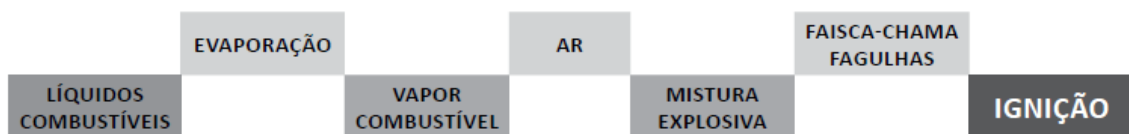


Figura 2-3: Mecanismo de ignição do combustível líquido (Seito *et al.*, 2008)

- Combustível gasoso: quando em contato com o oxigênio do ar forma a mistura inflamável, que na presença de uma energia ativante inflama (Seito *et al.*, 2008), ver Figura 2-4.



Figura 2-4: Mecanismo de ignição do combustível gasoso (Seito *et al.*, 2008)

2. Revisão Bibliográfica

Gérken (2007) refere que a velocidade da queima de um combustível depende da sua capacidade de combinação com o oxigênio do ar sob a ação do calor, bem como da sua fragmentação, ou seja, a área de contato. Quanto maior é a superfície exposta, mais rapidamente será o aquecimento do material, e conseqüentemente a combustão. O Quadro 2-2 apresenta a definição de três importantes conceitos.

Quadro 2-2: Definição de ponto de fulgor, combustão e ignição.

	Seito <i>et al.</i> (2008)	Gérken (2007)
Ponto de fulgor	A menor temperatura em que ocorre um lampejo, provocado pela inflamação dos vapores da amostra, pela passagem de uma chama piloto.	Após atingir determinada temperatura, o material começa a libertar vapores que irão entrar em combustão se houver uma fonte externa de calor. Neste ponto (ponto de fulgor) as chamas não se mantêm, devido à pequena quantidade de vapores.
Ponto de combustão	A temperatura em que a amostra após inflamar-se pela passagem da chama piloto, continua a queimar por cinco segundos, no mínimo.	A temperatura em que os vapores desprendidos entram em contato com uma fonte externa de calor, iniciando a combustão, a qual se mantém mesmo sem a interferência da fonte externa de calor.
Ponto de ignição	---	O ponto no qual o combustível exposto ao ar entra em combustão sem que haja uma fonte externa de calor.

2.1.2 O comburente

O comburente é o elemento que possibilita a vida às chamas, e intensifica a combustão. O mais comum é o oxigênio, que compõe 21% do ar atmosférico. Sendo assim, quando a percentagem de oxigênio do ar do ambiente passa de 21 para cerca de 16% a 8%, a queima fica mais lenta, exibindo apenas brasas, e não chamas. Quando a concentração de oxigênio é inferior a 8% não se dá a combustão (Gérken, 2007).

2.1.3 A energia de ativação – Calor

O calor, segundo Gérken (2007), está diretamente relacionado com a elevação da temperatura, que é gerada pela transformação de outra energia (por processos físicos e químicos), nomeadamente: energia química, energia elétrica, energia mecânica e energia nuclear. Os efeitos mais comuns do calor são:

2. Revisão Bibliográfica

- Elevação da temperatura: este fenômeno têm uma evolução mais rápida nos corpos considerados bons condutores de calor, como por exemplo os metais, e mais vagarosamente nos corpos maus condutores, como por exemplo o amianto.
- Dilatação térmica: os corpos sofrem dilatação térmica ou contração térmica de acordo com o aumento ou diminuição da temperatura a que estão expostos. Ao se aquecer um material ele tende a aumentar o seu volume – dilatação térmica. Ao se arrefecer um material ele tende a diminuir o seu volume – contração térmica.
- Mudança de estado físico: com o aumento do calor, os corpos tendem a mudar o seu estado físico: do estado sólido passam para o estado líquido (liquefação), ou então podem também passar diretamente para o estado gasoso (sublimação); e do estado líquido passam para o estado gasoso (gaseificação).
- Transformação química: ocorre em algumas substâncias que com o calor se transformam em outras.

Gérken (2007) destaca que durante um incêndio uma das principais preocupações é a propagação do calor, que pode atingir outras áreas. A taxa de fluxo de calor transferido está relacionada com o diferencial de temperatura entre os corpos, quanto maior a diferença, maior será a taxa. O calor pode ser transferido por meio de três mecanismos, os quais podem ocorrer de forma isolada ou combinada, são eles:

- Condução: é a transmissão do calor de molécula para molécula, da região mais quente para a região mais fria. A região de maior temperatura possui moléculas com mais energia cinética, vibrando com maior intensidade, o que permite transmitir o movimento para as moléculas vizinhas.
- Radiação: refere-se à emissão contínua de energia da superfície de todos os corpos, é chamada de energia radiante. Têm forma de ondas eletromagnéticas, que se propagam à velocidade da luz, e quando atingem um corpo, não transparente, são absorvidas. A energia radiante emitida por uma superfície, por unidade de tempo e de área, depende da natureza e da temperatura do corpo.
- Convecção: é a transmissão de calor por movimento de fluídos (gases ou líquidos). Nos incêndios, em geral, a convecção é responsável pela propagação vertical do calor, pelo transporte ascendente de vapores e fumaças. Quando o movimento é criado pelo fluxo ascensional de um fluido aquecido próximo a uma superfície quente, nomeia-se de convecção natural.

2.1.4 A reação em cadeia

Segundo Gérken (2007), a reação em cadeia é o que torna a queima autossustentável. O processo ocorre da seguinte maneira: o calor irradiado das chamas atinge o combustível, que é decomposto em partículas menores, as quais se combinam com o oxigênio e queimam, irradiando novamente calor para o combustível, o que forma um ciclo constante.

2.2 Incêndio

Incêndio é a combustão rápida, disseminando-se de forma descontrolada no tempo e espaço (Seito *et al.*, 2008 apud ISO 8421-1), ou seja, é o fogo descontrolado. Ainda conforme Seito *et al.* (2008), o incêndio gera três produtos: calor, fumaça e chama, os quais são detectados pelos sistemas de proteção ativos, que serão tratados posteriormente. Não existem incêndios iguais, tendo em conta os vários fatores que interferem para o seu início e desenvolvimento, tal como:

- Forma geométrica e dimensões do local;
- Superfície específica dos materiais combustíveis envolvidos;
- Distribuição dos materiais combustíveis na área;
- Quantidade de material combustível incorporado;
- Local do início do incêndio no ambiente;
- Aberturas de ventilação;
- Aberturas entre locais para a propagação do incêndio;
- Medidas de proteção e prevenção contra incêndios instaladas.

Gérken (2007) salienta que para que o fogo tome maiores dimensões e se propague, o calor deve ser transmitido para além do ponto inicial de combustão. O incêndio inicia-se, em geral, pequeno, e o seu crescimento depende principalmente do primeiro item ignizado, bem como, das características do comportamento do fogo nos materiais na proximidade deste item.

2.2.1 Dinâmica dos incêndios

O incêndio pode ser representado por meio de uma curva temperatura *versus* tempo. A curva associa a temperatura dos gases ao tempo. Desta forma, a máxima temperatura atingida pelos gases quentes pode ser determinada. A partir da curva também é possível calcular a máxima temperatura que as peças estruturais atingem, e assim as suas resistências (Guimarães, 2007). A curva de “evolução do incêndio natural” pode ser observada na Figura 2-5, em que “*Flashover*” significa fogo instantâneo generalizado.

2. Revisão Bibliográfica

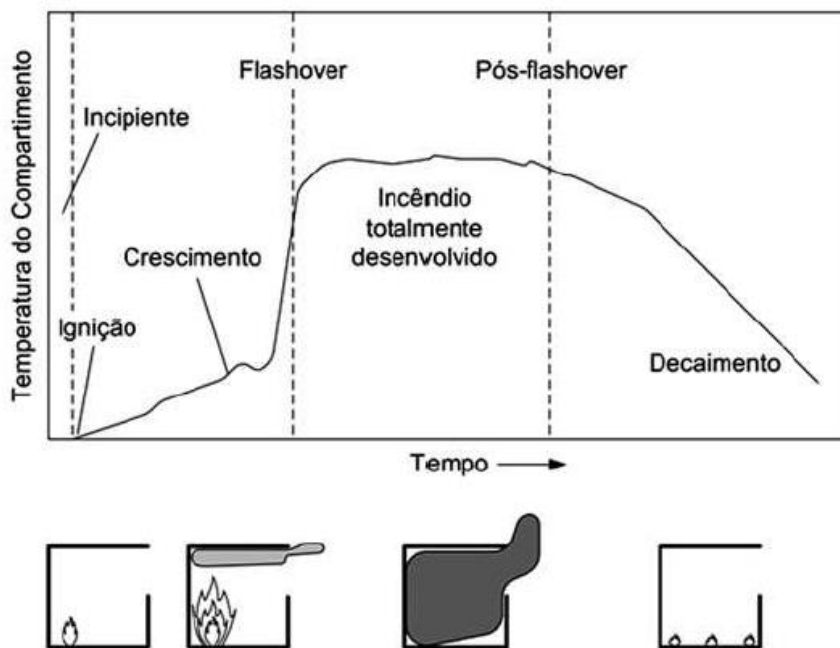


Figura 2-5: Curva de evolução do incêndio natural (Seito *et al.*, 2008)

A curva possui quatro fases distintas, a primeira fase corresponde ao incêndio inicial que tem um crescimento lento, em geral, dura entre cinco a vinte minutos até à ignição. A partir daí, inicia-se a segunda fase, caracterizada pelas chamas que começam a crescer aquecendo o ambiente. Na terceira fase ocorre o desenvolvimento do fogo. Já na quarta fase há uma diminuição gradual da temperatura do ambiente e das chamas, devido ao exaurir do material combustível. É importante que os sistemas de detecção operem na primeira fase, assim o combate ao incêndio e extinção tem grande probabilidade de sucesso (Seito *et al.*, 2008). Em seguida são abordadas mais detalhadamente cada uma das fases.

2.2.1.1 Primeira fase – Pré-ignição

Gérken (2007) ressalta que esta fase “é descrita como sendo o momento em que os quatro elementos essenciais do tetraedro do fogo se unem e iniciam a combustão”. A ignição pode ser causada por uma centelha ou chama, ou por um material que alcance o seu ponto de ignição, inflamando-se espontaneamente.

O foco do incêndio, em geral, ainda é pequeno, e concentrado no material combustível inflamado inicialmente. O oxigênio contido no ar não está substancialmente reduzido e o fogo produz vapor de água, dióxido e monóxido de carbono, entre outros gases (Gérken, 2007).

Ainda não há influência alguma no comportamento estrutural do edifício, conforme destaca Mesquita (2013), no entanto trata-se de uma fase mais crítica do ponto de vista da proteção de vidas humanas, devido à produção de gases tóxicos, citados anteriormente.

2. Revisão Bibliográfica

2.2.1.2 Segunda fase – Crescimento do incêndio

Nesta fase ocorre a propagação do fogo para outros objetos próximos ou para o material da cobertura/teto (Seito *et al.*, 2008). O processo que ocorre, segundo Gérken (2007), é o de uma fumaça que começa a se formar sob o combustível em chamas. Enquanto a fumaça se forma, o ar do espaço circundante é atraído, ou seja, o ar, rico em oxigênio, é arrastado para dentro do ambiente por convecção, em que o ar quente sobe, forçando a entrada de ar fresco pelas aberturas.

No instante em que o fogo percorre o teto, é irradiado calor para baixo, e assim decompõe tudo o que é combustível, atingindo uma condição chamada de *pré-flashover*. No caso de haver uma fonte de oxigênio, vinda de uma janela quebrada por exemplo, o ambiente irá incendiar. Por outro lado, se não houver o oxigênio, a falta de um dos quatro elementos essenciais do fogo fará com que seja extinto (Gérken, 2007).

Ainda segundo Gérken (2007), durante a fase de crescimento do incêndio, os materiais do ambiente começam a aquecer de uma forma geral, libertando vapores combustíveis, os quais se acumulam próximo ao teto. Quanto mais energia é libertada, mais quente fica esta camada de vapores (fumaça). Ao atingir uma temperatura muito alta, acaba irradiando calor, o que faz com que todos os materiais incendeiem de forma generalizada, este fenômeno é o *flashover*, um dos momentos mais críticos do incêndio.

Pannoni (2007) destaca que o *flashover* ocorre quando a temperatura atinge aproximadamente 500°C. Após este ponto a temperatura aumenta rapidamente, podendo atingir os 1000°C.

2.2.1.3 Terceira fase– Incêndio desenvolvido

Durante esta fase, o combustível que queima está gerando a maior temperatura possível, e produz volumes grandes de gases quentes. O calor e o volume de gases/vapores quentes produzidos dependem da quantidade de aberturas de ventilação no local (Gérken, 2007). Em geral, a temperatura é mantida com valores sensivelmente constantes (Mesquita, 2013).

Seito *et al.* (2008) destaca que neste estágio o incêndio é propagado, pelas aberturas internas, à fachada e a cobertura da edificação. Os gases entram em ignição nos compartimentos em que o oxigênio é mais abundante (Gérken, 2007).

2.2.1.4 Quarta fase – Extinção do fogo

Segundo Pannoni (2007) após o combustível do ambiente ser consumido em cerca de 70%, a temperatura dos gases começa a diminuir. A diminuição do incêndio ocorre com o consumo do oxigênio, assim, as chamas podem deixar de existir se não houver ar suficiente para mantê-las, abaixo de 8% de oxigênio (Gérken, 2007). Mesquita (2013) destaca ainda que outro fator pode ser a intervenção de sistemas de controle, nomeadamente bombeiros, sprinklers entre outros.

O fogo é reduzido a focos pequenos e a brasas, e o ambiente fica completamente ocupado por fumaça densa e gases que se expandem (Gérken, 2007).

2. Revisão Bibliográfica

2.2.2 Carga de Incêndio

A carga de incêndio, segundo Seito *et al.* (2008), é a medida do máximo calor libertado caso todos os combustíveis de determinada área viessem a queimar. A carga de incêndio é o resultado da soma do produto do peso de cada combustível multiplicado pelo seu respetivo potencial calorífico. A carga de incêndio num edifício clássico é o mobiliário, o acabamento interno, o acabamento dos pisos e os elementos estruturais. Em geral pode ser expressa pela carga de incêndio específica, que é o peso total de combustível dividido pela área do local em metros quadrados.

Conforme Gérken (2007) *apud* Secco (1982), a carga de incêndio de um edifício permite avaliar teoricamente a intensidade do fogo na eventualidade de ocorrer um incêndio, o que permite estabelecer uma classificação da intensidade provável do incêndio, conforme Quadro 2-3.

Quadro 2-3: Risco x Carga de incêndio (adaptado de Gérken, 2007)

RISCO	CARGA DE INCÊNDIO (MJ/m ²)
Baixo	Até 300 MJ/m ²
Médio	Entre 300 MJ/m ² e 1200 MJ/m ²
Alto	Acima de 1200 MJ/m ²

Ainda segundo o mesmo autor *apud* Silva (2001), as condições de segurança da estrutura em situação de incêndio são verificadas quando a temperatura atingida pelos elementos estruturais é menor do que a temperatura crítica destes elementos, que é a temperatura que causa o colapso da estrutura.

2.3 Resistência ao fogo requerida

Assim como citam Ervedal e Lopes (2011), para prevenir situações catastróficas e salvar vidas humanas, existem regulamentos que preconizam a resistência ao fogo requerida para cada estrutura, por exemplo: R 30, R 60, R 90 e assim por diante, em que o número representa o tempo em minutos que a estrutura deve suportar a situação de incêndio.

São levados em consideração requisitos como as características geométricas do edifício, as suas funcionalidades, a carga de incêndio, o número de ocupantes, e os efeitos favoráveis das medidas de proteção ativas. Assim, se o regulamento for bem aplicado, é garantido um período de tempo para as pessoas evacuarem do edifício. Os regulamentos que determinam o tempo de resistência ao fogo requerida são o Regime Jurídico de Segurança Contra Incêndios em Edifícios (Decreto Lei nº 220/2008) e o Regulamento Técnico de Segurança Contra Incêndios em Edifícios (Portaria nº 1532/2008) (Ervedal e Lopes, 2011).

No artigo 15º da Portaria nº 1532/2008 tem-se a resistência ao fogo padrão mínima de elementos estruturais de edifícios, consoante ao seu tipo de utilização, como se pode ver no Quadro 2-4.

Quadro 2-4: Resistência ao fogo padrão mínima de elementos estruturais de edifícios (adaptado da Portaria nº 1532, 2008)

2. Revisão Bibliográfica

UTILIZAÇÕES-TIPO	CATEGORIAS DE RISCO				FUNÇÃO DO ELEMENTO ESTRUTURAL
	1ª	2ª	3ª	4ª	
I, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX e X	R 30 REI 30	R 60 REI 60	R 90 REI 90	R 120 REI 120	Apenas suporte. Suporte e compartimentação
II, XI e XII	R 60 REI 60	R 90 REI 90	R 120 REI 120	R 180 REI 180	Apenas suporte. Suporte e compartimentação

No artigo 8º do Decreto Lei nº 220 (2008) tem-se a descrição das 12 utilizações tipo de edifícios e recintos, sendo cada uma, estratificada por quatro categorias de risco de incêndio:

- Tipo I – Habitacionais: edifícios ou partes de edifícios destinados à habitação unifamiliar ou multifamiliar, incluído áreas residenciais reservadas ao uso exclusivo dos residentes e espaços comuns de acesso.
- Tipo II – Estacionamentos: edifícios ou partes de edifícios destinados exclusivamente à recolha de veículos e seus reboques, fora da via pública, ou recintos para o mesmo fim delimitados ao ar livre.
- Tipo III – Administrativos: edifícios ou partes de edifícios onde se desenvolvem atividades administrativas, de atendimento ao público ou de serviços, ou seja, escritórios, tribunais, balcões de atendimento, gabinetes de profissionais liberais, repartições públicas, conservatórias, notários, espaços de investigação não dedicados ao ensino, postos de forças de segurança e de socorro, excluindo as oficinas de reparação e manutenção.
- Tipo IV – Escolares: edifícios ou partes de edifícios que recebem público, onde se ministrem ações de educação, ensino e formação, ou exerçam atividades lúdicas ou educativas para crianças e jovens, podendo ou não incluir espaços de repouso, por exemplo: escolas de todos os níveis de ensino, creches, jardins de infância, centros de formação, centros de ocupação de tempos livres destinados a jovens e centros de juventude.
- Tipo V – Hospitalares e Lares de Idosos: edifícios ou partes de edifícios que recebem público, destinados para a execução de ações de diagnóstico ou para a prestação de cuidados na área da saúde, com ou sem internamento, ao apoio a pessoas idosas ou com condicionalismos decorrentes de fatores de natureza física ou psíquica, ou onde se desenvolvam atividades destinadas a essas pessoas, nomeadamente, hospitais, consultórios, dispensários médicos, clínicas, policlínicas, centros de saúde, de diagnóstico, de enfermagem, de hemodiálise, ou de fisioterapia, laboratórios de análises clínicas, bem como lares, albergues, residências, centros de abrigo e centros de dia com atividades destinadas para a terceira idade.
- Tipo VI – Espetáculos e Reuniões Públicas: edifícios ou partes de edifícios, recintos itinerantes ou provisórios e ao ar livre que recebam público, destinados a espetáculos, exibição de meios audiovisuais, jogos, palestras, reuniões públicas, bailes, conferências, cultos religiosos e exposições, podendo ou não serem polivalentes e desenvolver as atividades referidas em regime não permanente, ou seja, teatros, cinemas, cineteatros, coliseus, circos, praças de touros, salas de jogos, discotecas, salões de dança, bares com música ao vivo, estúdios de gravação, salas de conferências, auditórios, templos religiosos, pavilhões multiusos e locais de exposições não classificáveis na utilização Tipo X.
- Tipo VII – Hoteleiros e Restauração: edifícios ou partes de edifícios, que recebem público, fornecendo alojamento temporário ou exercendo atividades de restauração e bebidas, em regime de ocupação exclusiva ou não, nomeadamente os destinados a empreendimentos turísticos, alojamento local, estabelecimentos de restauração ou de bebidas, dormitórios e, quando não inseridos num estabelecimento escolar, residências de estudantes e colónias de férias, ficando

2. Revisão Bibliográfica

excluídos deste tipo os parques de campismo e caravanismo, que são considerados espaços de utilização Tipo IX.

- Tipo VIII – Comerciais e Gares de Transportes: edifícios ou partes de edifícios, que recebem público, ocupados por estabelecimentos comerciais onde se exponham e vendam materiais, produtos, equipamentos ou outros bens, destinados a serem consumidos no exterior desse estabelecimento, ou ocupados por gares destinados a aceder a meios de transporte rodoviário, ferroviário, marítimo, fluvial ou aéreo, incluindo gares intermodais, constituindo espaço de interligação entre a via pública e esses meios de transporte, com exceção das plataformas de embarque ao ar livre.
- Tipo IX – Desportivos e de Lazer: corresponde a edifícios e recintos, que recebe ou não público, destinados a atividades desportivas e de lazer, por exemplo: estádios, picadeiros, hipódromos, velódromos, motódromos, autódromos, kartódromos, campos de jogos, parques de campismo e caravanismo, pavilhões desportivos, piscinas, parques aquáticos, pistas de patinagem, ginásios e saunas.
- Tipo X- Museus e Galerias de Arte: edifícios ou partes de edifícios, que recebem público ou não, destinados para a exibição de peças do património histórico e cultural ou a atividades de exibição, demonstração e divulgação de carácter científico ou técnico, ou seja, museus, galerias de arte, oceanários, aquários, instalações de parques zoológicos ou botânicos, espaços de exposição destinados para a divulgação científica e técnica, desde que não se enquadrem nas utilizações do tipo VI e IX.
- Tipo XI – Bibliotecas e Arquivos: edifícios ou partes de edifícios, que recebem ou não público, destinados a arquivo documental, podendo disponibilizar os documentos para consulta ou visualização no próprio local ou não, nomeadamente bibliotecas, mediatecas e arquivos.
- Tipo XII – Indústrias, Oficinas e Armazéns: edifícios, partes de edifícios ou recintos ao ar livre, não recebendo habitualmente público, destinados ao exercício de atividades industriais ou ao armazenamento de materiais, substâncias, produtos ou equipamentos, oficinas de reparação e todos os serviços auxiliares ou complementares destas atividades.

No artigo 12º do Decreto Lei nº 220 (2008) especifica-se as quatro categorias de risco de incêndio, que são 1ª, 2ª, 3ª e 4ª, respectivamente, risco reduzido, risco moderado, risco elevado e muito elevado. O Anexo - A apresenta o Anexo III do Decreto Lei nº 220 (2008) onde estão os quadros de I a X, os quais classificam cada edificação. Os fatores de risco considerados, ainda conforme o mesmo Decreto-Lei, e os respetivos quadros do Anexo A, são:

- Tipo I: altura da edificação e número de pisos abaixo do plano de referência, refere-se ao quadro I.
- Tipo II: espaço coberto ou ao ar livre, altura da edificação, número de pisos abaixo do plano de referência e a área bruta, concerne ao quadro II.
- Tipo III e X: altura da edificação e efetivo, referentes aos quadros III e VIII, respetivamente.
- Tipo IV, V e VII: altura da utilização tipo e efetivo em locais de tipo D ou E e, apenas para a 1.ª categoria, saída independente direta ao exterior de locais do tipo D ou E, ao nível do plano de referência, a que se referem os quadros IV e VI, respetivamente.
- Tipo VI e IX: espaço coberto ou ao ar livre, altura da edificação, número de pisos abaixo do plano de referência e efetivo, concerne ao quadro V.
- Tipo VIII: altura da edificação, número de pisos abaixo do plano de referência e efetivo, se refere ao quadro VII.

2. Revisão Bibliográfica

- Tipo XI: altura da edificação, número de pisos abaixo do plano de referência, efetivo e carga de incêndio modificada, concerne ao quadro IX.
- Tipo XII: espaço coberto ou ao ar livre, número de pisos abaixo do plano de referência e densidade de carga de incêndio modificada, se refere ao quadro X.

2.4 Comportamento do aço quando sujeito ao fogo

O aumento da temperatura nos elementos estruturais de aço provoca uma redução da resistência e do módulo de elasticidade, assim como, o aparecimento de esforços solicitantes adicionais em estruturas hiperestáticas (Guimarães, 2007).

Gérken (2007) destaca que o aço, ao aquecê-lo, inicialmente aumenta a sua temperatura e em seguida o seu volume. Se for mantido o processo de aquecimento, o aço muda de cor e perde a forma até atingir o seu ponto de fusão, sofrendo liquefação. Se o processo de aquecimento perdurar, este gaseifica-se e queima em contato com o oxigênio.

Existem secções transversais que aquecem mais rapidamente do que outras, segundo Mesquita (2013), para levar este fator em consideração no dimensionamento existe o fator de forma ou fator de massividade, o qual será tratado na seção seguinte.

Guimarães (2007) ressalta que “A condição de segurança para uma estrutura em situação de incêndio é verificada quando as temperaturas atuantes nos perfis metálicos são inferiores às suas respectivas temperaturas críticas, onde a temperatura crítica é a menor temperatura uniforme responsável pelo colapso estrutural”.

O Eurocódigo 3 Parte 1-2 – Regras Gerais - Verificação de Resistência ao Fogo (2010) utiliza o critério de tempo de resistência ao fogo para verificar a resistência do aço em altas temperaturas. Este é o tempo a partir da ignição do incêndio até ao momento em que a capacidade resistente da estrutura começa a reduzir, ou quando as deformações ultrapassam os limites aceitáveis.

2.4.1 Fator de massividade

O fator de massividade, fator de forma, ou apenas massividade, conforme a EN 1993-1-2 (2010), é, para um elemento em aço, a relação entre a área da superfície exposta e o volume de aço, conforme a Equação 2-1. Já para um elemento envolvido por proteção, é a relação entre a superfície interna do revestimento exposto e o volume do aço, conforme a Equação 2-2.

$$\frac{A_m}{V} \quad \text{Equação 2-1}$$

$$\frac{A_p}{V} \quad \text{Equação 2-2}$$

Sendo:

$\frac{A_m}{V}$: Factor de massividade para elementos de aço não protegidos [1/m].

2. Revisão Bibliográfica

$\frac{A_p}{V}$: Factor de massividade para elementos de aço isolados por material de protecção contra incêndio [1/m]

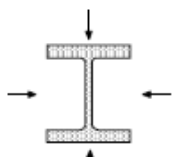
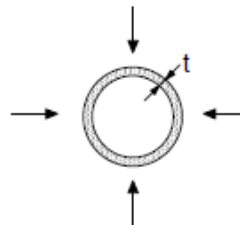
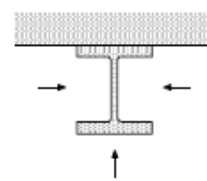
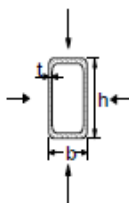
A_p : Área apropriada do material de protecção contra incêndio por unidade de comprimento do elemento [m²/m]

A_m : área da superfície do elemento por unidade de comprimento [m²/m]

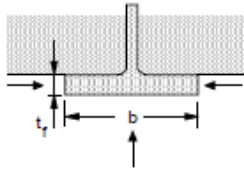
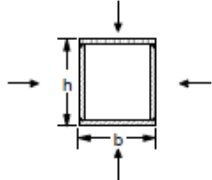
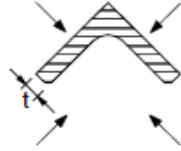
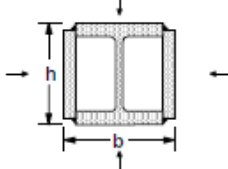
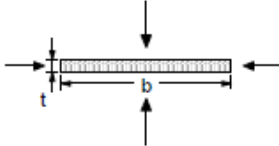
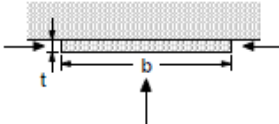
V : volume do elemento por unidade de comprimento [m³/m]

O Quadro 2-5 mostra exemplos para o fator de massividade para elementos de aço não protegidos. O Quadro 2-6 mostra exemplos do fator de massividade para elementos de aço isolados por material de protecção contra incêndio.

Quadro 2-5: Fator de massividade para elementos de aço não protegidos (EN 1993-1-2, 2010)

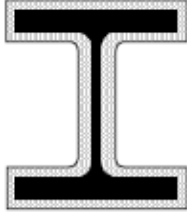
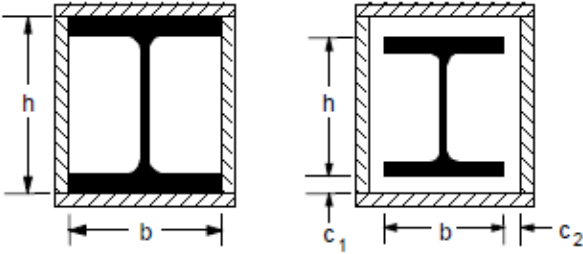
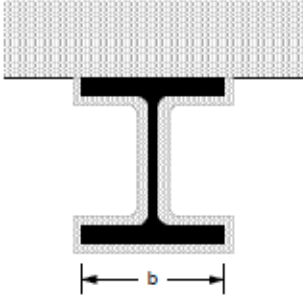
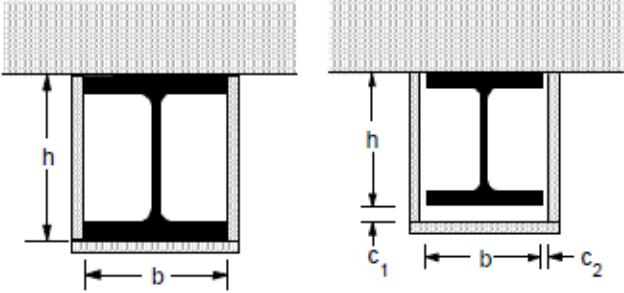
<p><i>Secção aberta exposta ao fogo em todos os lados:</i></p> $\frac{A_m}{V} = \frac{\text{perímetro}}{\text{área da secção transversal}}$ 	<p><i>Tubo exposto ao fogo em todos os lados: $A_m/V = 1/t$</i></p> 
<p><i>Secção aberta exposta ao fogo em três lados:</i></p> $\frac{A_m}{V} = \frac{\text{superfície exposta ao fogo}}{\text{área da secção transversal}}$ 	<p><i>Secção tubular (ou secção em caixão soldada de espessura uniforme) exposta ao fogo em todos os lados:</i></p> <p><i>Se $t \ll b$: $A_m/V \approx 1/t$</i></p> 

2. Revisão Bibliográfica

<p><i>Banzo de secção em I exposto ao fogo em três lados:</i></p> $A_m/V = (b + 2t_f) / (bt_f)$ <p>Se $t \ll b$: $A_m/V \approx 1/t_f$</p> 	<p><i>Secção em caixão soldada exposta ao fogo em todos os lados:</i></p> $\frac{A_m}{V} = \frac{2(b+h)}{\text{área da secção transversal}}$ <p>Se $t \ll b$: $A_m/V \approx 1/t$</p> 
<p><i>Cantoneira exposta ao fogo em todos os lados:</i></p> $A_m/V = 2/t$ 	<p><i>Secção em I com reforço em caixão, exposta ao fogo em todos os lados:</i></p> $\frac{A_m}{V} = \frac{2(b+h)}{\text{área da secção transversal}}$ 
<p><i>Barra plana exposta ao fogo em todos os lados:</i></p> $A_m/V = 2(b+t) / (bt)$ <p>Se $t \ll b$: $A_m/V \approx 2/t$</p> 	<p><i>Barra plana exposta ao fogo em três lados:</i></p> $A_m/V = (b + 2t) / (bt)$ <p>Se $t \ll b$: $A_m/V \approx 1/t$</p> 

2. Revisão Bibliográfica

Quadro 2-6: Fator de massividade para elementos de aço isolados por material de proteção contra incêndio (EN 1993-1-2, 2010)

Esquema	Descrição	Factor de massividade (A_p/V)
	Revestimento de contorno com espessura uniforme	$\frac{\text{perímetro do aço}}{\text{área da secção transversal do aço}}$
	Revestimento em caixão com espessura uniforme ¹⁾	$\frac{2(b+h)}{\text{área da secção transversal do aço}}$
	Revestimento de contorno com espessura uniforme, exposto ao fogo em três lados	$\frac{\text{perímetro do aço} - b}{\text{área da secção transversal do aço}}$
	Revestimento em caixão com espessura uniforme, exposto ao fogo em três lados ¹⁾	$\frac{2h+b}{\text{área da secção transversal do aço}}$

¹⁾ Normalmente as dimensões da folga, c_1 e c_2 , não deverão exceder $h/4$.

2.5 Proteções contra o fogo para estruturas metálicas

Conforme destaca Seito *et al.* (2008), o desenvolvimento tecnológico atual trouxe muitas modificações nos sistemas construtivos, como a utilização de grandes áreas sem compartimentação,

2. Revisão Bibliográfica

utilização de fachadas envidraçadas e a incorporação acentuada de materiais combustíveis em elementos construtivos, isto aliado ao número crescente de instalações e equipamentos de serviço, introduzindo mais riscos, que anteriormente não existiam. Um edifício diz-se seguro contra incêndio quando, em caso de incêndio, a probabilidade de todos os ocupantes saírem ilesos, assim como os danos materiais se limitarem ao edifício inicial, seja elevada (Seito *et al.*, 2008 apud Harmathy, 1984).

Um sistema de segurança contra incêndio, segundo Vargas e Silva (2005), é composto por um conjunto de meios ativos (chuveiros automáticos, sprinkler, sistema de hidrante, brigada contra incêndios, detecção de calor ou fumaça, etc.) e meios passivos (resistência ao fogo de estruturas, compartimentação, saídas de emergência, etc.), que garantem a evacuação dos ocupantes do edifício em segurança, a limitação dos danos em edifícios adjacentes, infraestruturas públicas e a segurança das operações de combate ao incêndio, quando forem necessárias.

A proteção térmica de elementos estruturais de aço, que será tratada neste trabalho, é chamada de proteção passiva, conforme Pannoni (2007), e é a solução mais comum para proteger o aço contra o incêndio. O mesmo autor destaca que um dos primeiros, ou o primeiro, material de proteção passiva foi patenteado em Inglaterra por David Hartley em 1722, cujo sistema eram placas metálicas separadas por areia. Na época o sistema foi instalado com muito sucesso para prevenir a propagação do incêndio de um andar para outro.

Os materiais de proteção têm como objetivo retardar o aumento da temperatura na superfície do elemento estrutural (Figura 2-6), permitem que este desempenhe a sua função, isto é, satisfaça as condições de carregamento de esforços solicitados. As proteções passivas devem apresentar baixa massa específica, baixa condutividade térmica e alto calor específico. Também devem trabalhar acompanhando os deslocamentos da estrutura, sem apresentar fissuras ou desprendimento, abrangendo a estrutura de forma homogênea e completa. Os materiais de proteção podem ser classificados quanto ao material constituinte, quanto a morfologia ou quanto à técnica de colocação (Gérken, 2007).

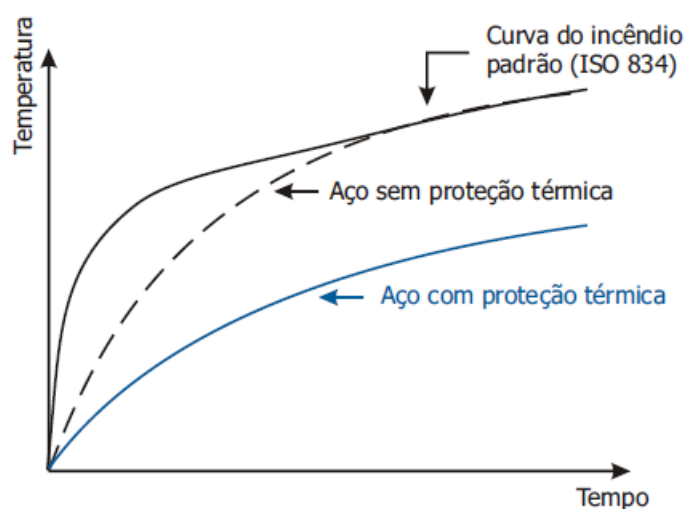


Figura 2-6: Evolução da temperatura do aço com e sem proteção térmica (Pannoni, 2007)

2. Revisão Bibliográfica

Ainda segundo Gérken (2007), os materiais para revestimento térmico devem apresentar capacidade de proteção térmica para altas temperaturas, preservando a sua integridade durante um incêndio, sem causar um aumento considerável no peso próprio da estrutura. Não é permitido a presença de materiais nocivos à saúde, como os asbestos, em função da presença do amianto na sua composição química. A durabilidade do material deve ser compatível com a vida útil da estrutura, sem necessidade de manutenção, entretanto deve possibilitar pequenos reparos manuais, garantindo adequada aderência. Também se deve atentar para que o material não seja higroscópico, de forma a garantir que o aço não receba umidade, mesmo assim é necessário utilizar *primers* e produtos anticorrosivos na estrutura.

2.5.1 Propriedades térmicas e físicas dos materiais de proteção

Gérken (2007) define propriedade térmica de um material como as características e comportamento deste quando exposto ao calor. As principais propriedades físicas e térmicas serão expostas a seguir, todas de acordo com o este autor.

2.5.1.1 Calor específico

Calor específico, ou capacidade térmica específica, é a grandeza física que define a variação térmica de uma substância ao receber uma quantidade de calor. É constante para cada substância em cada estado físico. Também pode ser definido como a propriedade que indica a habilidade que o material possui de absorver calor de fontes externas. Em conclusão, representa a quantidade de energia necessária para produzir um aumento unitário de temperatura.

2.5.1.2 Condutividade térmica

É a propriedade que descreve a habilidade de um material de conduzir calor. O coeficiente de condutividade térmica é uma característica da natureza do material, corresponde à quantidade de energia (calor) que passa em um segundo através de 1 m² de superfície quando a diferença de temperatura interior/exterior é de 1°C.

2.5.1.3 Massa específica

A massa específica é a razão entre a massa e o volume de uma substância.

2.5.2 Materiais de proteção projetados

De acordo com Pannoni (2007) os materiais de proteção projetados são produtos de baixo custo que representam um bom isolamento térmico quando submetidos a altas temperaturas, e mantem a integridade da estrutura ao longo da evolução do incêndio. Após a sua aplicação e secagem o material trabalha monoliticamente com a estrutura, isto é, acompanha os movimentos sem a ocorrência de fissuras ou desprendimentos. Não são materiais higroscópicos, sendo assim não é necessário o uso de tintas de fundo ou sistemas de proteção contra a corrosão nas estruturas internas. O custo do material projetado é pequeno quando comparado com o da manutenção do equipamento e mão de obra, sendo assim, os custos não crescem na proporção do tempo requerido de resistência ao fogo.

2. Revisão Bibliográfica

A espessura da proteção não pode ser garantida na totalidade e de forma uniforme.

2.5.2.1 Argamassa projetada

É um produto com alto conteúdo de aglomerantes, os quais quando misturados com água geram uma massa fluida que pode ser facilmente bombeada (Figura 2-7). Constitui-se basicamente de gesso (80% do peso seco), cimento Portland, resinas acrílicas e cargas inertes, como poliestireno expandido, e celulose. Pode ser de baixa, média ou alta densidade. Baixa densidade em geral é aplicado em obras internas, média densidade em obras internas com requisitos de resistência a impacto e humidade, e o produto de alta densidade é utilizado em obras externas, em que há risco de impacto alto e humidade (Pannoni, 2007).



Figura 2-7: Argamassa projetada (Gérken, 2007)

Apesar do baixo custo e bom desempenho, conforme Gérken (2007), o produto não apresenta um bom acabamento estético, fica com um aspeto de chapisco. No entanto, podem receber acabamento para ficar com a superfície lisa e ainda podem ser coloridas de fábrica ou pintadas na obra. Outra vantagem é que a argamassa pode ser aplicada diretamente sobre o aço, sem necessidade de pinos ou telas, pois possui uma boa aderência. É um dos produtos mais utilizados no mundo para a proteção de estruturas metálicas, tendo sido utilizado inclusive na proteção passiva da estrutura do *World Trade Center* (Gérken, 2007 apud Cafco, 2006).

Quando a temperatura atinge 90°C a 150°C, as ligações químicas do gesso hidratado começam a romper e a libertar água de hidratação. Esta reação absorve a energia do fogo, o que permite que o aço mantenha a temperatura durante uns 20 ou 30 minutos após o início do incêndio (Pannoni, 2007).

2.5.2.2 Fibra projetada

As fibras projetadas são produtos de baixa e média densidade, contêm, em geral, fibras obtidas de rocha basáltica ou escória de alto-forno como principal ingrediente. A aplicação segue o mesmo princípio da argamassa projetada, pode ser aplicada diretamente sobre o aço, sem a utilização de revestimentos (Gérken, 2007).

2. Revisão Bibliográfica

Para criar a mistura de baixa densidade, segundo Pannoni (2007), as fibras são misturadas com cimento Portland (20% à 30% do peso seco total). A proteção do aço ocorre devido às propriedades isolantes da fibra.

Vargas e Silva (2005) destacam que a projeção das fibras resulta numa superfície rugosa, sendo assim, é mais apropriada para elementos acima de forros ou ambientes menos exigentes esteticamente.

2.5.2.3 Argamassa vermiculita projetada

A vermiculita é definida como:

[...] um minério lamelar cuja constituição química básica é de silicatos hidratados de alumínio e magnésio, originário da alteração de algumas micas. O minério submetido a um choque térmico, perde água contida em suas lamelas, provocando um processo de esfoliação, expandindo-se e preenchendo com ar os espaços vazios tornando-se um excelente isolante térmico e refratário (Gérken, 2007).

Pannoni (2007) ressalta que este material deve ser completamente isento de amianto. Segundo Gérken (2007), são aplicados por projeção em camadas sucessivas, com a primeira camada, de sustentação, contendo um aditivo para perfeita aderência a superfície metálica, e se necessário, para melhorar ainda mais a aderência são utilizadas telas.

É um sistema comparativamente aos anteriores mais caro, no entanto apresenta a vantagem de possuir grande resistência mecânica, suporta intempéries e atmosferas quimicamente agressivas. É bastante utilizado em plataformas de petróleo, indústrias petroquímicas ou em estruturas sujeitas a exercício mecânico elevado. Também satisfaz a exigências de proteção contra incêndios de hidrocarbonetos (combustíveis fósseis e petroquímicos) (Gérken, 2007).

2.5.3 Materiais de proteção rígidos

Os materiais de proteção rígidos, placas ou painéis, propiciam a proteção estrutural do mesmo modo que os materiais projetados. São fixados ao redor do aço utilizando clip, pino ou sistema próprio. A proteção apresenta uma boa aparência, em geral, tem a forma de caixa, que pode ser decorada. A fixação é feita a seco, e não apresenta grandes interferências com outros sistemas. Pode ser aplicada sobre a estrutura de aço não pintada, e por ser de construção industrializada, as espessuras são garantidas. A principal desvantagem é o custo elevado em relação aos materiais projetados, a dificuldade de aplicação ao redor de detalhes complexos, e a baixa velocidade de execução (Pannoni, 2007), bem como a perda de área útil no ambiente aplicado.

2.5.3.1 Placas de gesso

Segundo Gérken (2007) a placa de gesso contém fibra de vidro e, por vezes, vermiculita incorporada. As placas apresentam características específicas para proteção contra o fogo, o que as difere das placas *dry-wall* de vedação. O gesso da placa perde moléculas de água de hidratação

2. Revisão Bibliográfica

quando exposta ao calor, mantendo a temperatura do aço baixa. A placa possui, ainda, na parte interna uma malha de fibra de vidro, que mantém o conjunto estruturado perante as altas temperaturas durante o incêndio. Em geral, mantém-se a placa visível por motivos estéticos, o esquema do sistema pode ser observado na Figura 2-8 (Pannoni, 2007).

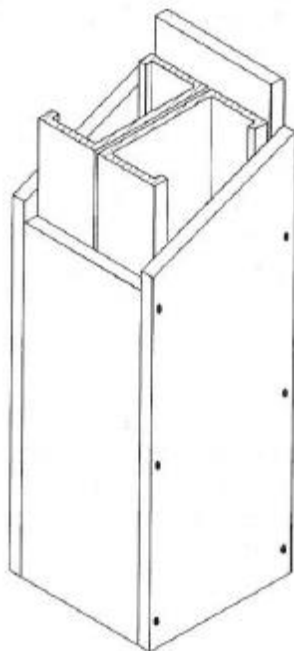


Figura 2-8: Esquema do sistema de placas de gesso cartonado (Gérken, 2007).

2.5.3.2 Placas de lã de rocha

De acordo com Pannoni (2007), são placas de baixa densidade, que podem ser rígidas ou flexíveis, feitos de materiais fibrosos, e aglomerados pela adição de resinas termo endurecidas. A matéria-prima de base que é utilizada na produção das placas é o basalto. Estas são fixadas na estrutura metálica com pinos de aço soldados.

2.5.3.3 Mantas cerâmicas

Pannoni (2007) define as mantas como: “Produtos formados a partir de fibras silico-aluminosas, presas à estrutura através da utilização de pinos de aço soldados na estrutura”.

2.5.4 Tintas/Revestimentos intumescentes

As tintas intumescentes foram criadas com o intuito de reagir ao calor gerado durante um incêndio, intumescem a partir de 200°C, ou seja, se expande, formando uma camada de espessura rígida que protege a estrutura de aço do calor dos gases quentes, como pode ser observado na Figura 2-9 (Gérken, 2007).

2. Revisão Bibliográfica

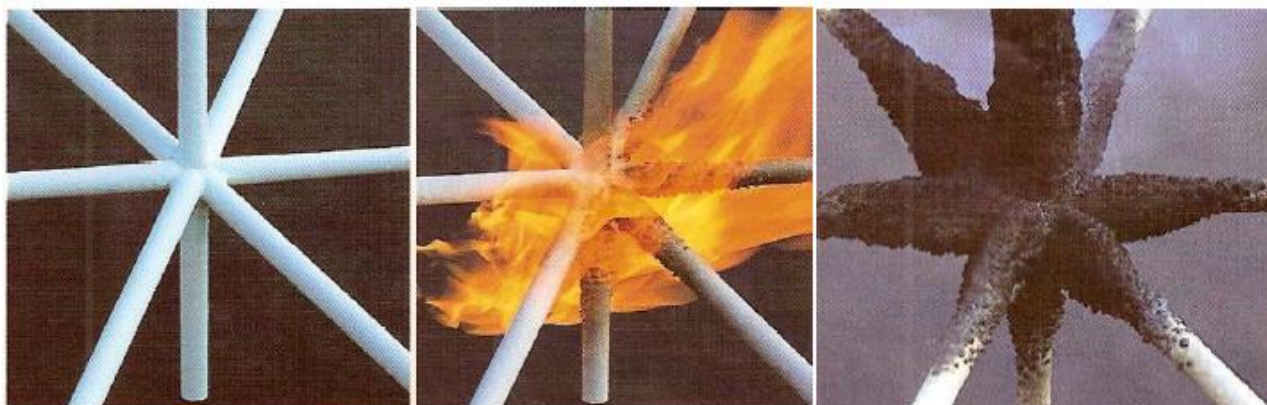


Figura 2-9: Reação da tinta intumescente ao calor (Gérken, 2007)

A principal vantagem deste material é a estética, permite que a estrutura fique totalmente exposta. As desvantagens são o custo elevado quando comparado a outras soluções, também o tempo de proteção, que dura cerca de 60 minutos, exceto algumas tintas especiais de preço mais elevado, que duram até 90 a 120 minutos (Pannoni, 2007).

Gérken (2007) destaca que, em geral, os revestimentos são aplicados com espessuras entre 1 e 8 mm, sendo assim, não colidem com a forma geral do aço. No entanto, deve-se observar que perfis maciços levam mais tempo para aquecer quando comparados com perfis esbeltos, o que resulta em um aumento da espessura da tinta para o segundo caso.

Para a aplicação da tinta, a superfície deve estar corretamente preparada, conforme as recomendações do fabricante, a superfície deve ser limpa e aplicado um *primer*. A tinta pode ser aplicada com pincel, rolo ou *spray* (Pannoni, 2007). Após a pintura, segundo Gérken (2007), a mesma pode ser coberta por uma película acrílica ou poliuretana, de forma a aumentar a sua resistência química e física, bem como melhorar o seu acabamento final. Estas camadas de pintura podem ser observadas na Figura 2-10.

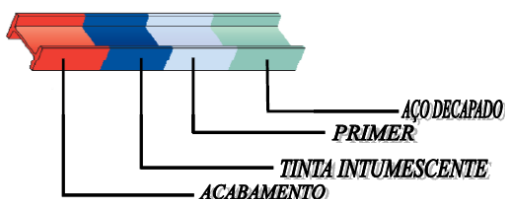


Figura 2-10: Camadas de pintura intumescente (Gérken, 2007)

2.5.5 Enclausuramento em betão

O enclausuramento em betão, segundo Pannoni (2007), era o mais comum meio de proteção de estruturas metálicas até ao final dos anos 70 em vários países. Entretanto, com o surgimento de sistemas industrializados de baixo peso, ocorreu uma drástica redução no seu uso.

A principal vantagem é a durabilidade. As desvantagens são o custo, a velocidade de execução, o peso adicional, e a redução de espaço de uso na estrutura (Pannoni, 2007).

2. Revisão Bibliográfica

3. Empresas e seus produtos

3.1 Empresas

Os produtos estudados são de empresas da área de proteções ao fogo, que têm sede em Portugal, as quais ao serem contatadas prontamente responderam enviando os materiais necessários para o desenvolvimento do estudo. A seguir são descritas cada uma das empresas e seus respectivos produtos de proteção ao fogo.

3.1.1 Exuvent

A Exuvent Soluções de Desenfumagem e Ventilação Natural Ltda está em atividade desde o ano de 2006 e é constituída por uma equipa de diversas áreas da engenharia. Possui delegações em Lisboa e Vila Nova de Gaia (Exuvent, 2021). Os produtos da empresa analisados no estudo são um painel corta fogo, o Exuvent Tecbor, e uma argamassa projetada, a Exuvent Tecwool F.

3.1.2 Knauf

A Knauf é uma empresa fundada em 1932 na Alemanha, voltada para o setor dos materiais de construção e isolamento térmico. A Knauf Iberia, responsável pela atividade em Portugal e Espanha está presente há mais de 30 anos na região (Knauf, 2021). Os produtos estudados desta empresa são dois painéis corta-fogo o K25D, e o Fireboard GM-F K751, também uma argamassa projetada, a Vermiplaster P911a.

3. Empresas e seus produtos

3.1.3 TRIA

A TRIA é uma empresa portuguesa, fundada em 1989, integrada no grupo TESTA, e voltada para o desenvolvimento e comercialização de Sistemas de Proteção Passiva Contra Incêndios e tem escritórios em Mortágua e Carregado (TRIA, 2021). São analisadas as argamassas projetadas, nomeadamente, a Promaspray F250, Biofire, Biofire Plus, e as tintas/revestimentos intumescentes Flamopaint W3, Flamopaint W-S, IC300 WB.

3.2 Produtos

São estudadas três categorias de proteções contra o fogo, como referido na secção anterior: (1) painel corta fogo; (2) argamassa projetada; e (3) tinta intumescente. A seguir são descritas as propriedades encontradas nos catálogos de cada um dos materiais das empresas consideradas no estudo.

3.2.1 Painéis corta fogo

3.2.1.1 Exuvent Tecbor

O painel corta fogo Exuvent Tecbor, segundo o catálogo do produto, disponível no Anexo – B: Catálogo Exuvent Tecbor, está disponível em 10 espessuras: 5, 10, 12, 15, 20, 23, 24, 25, 30 e 40 mm, e três tipos de painéis Tecbor, o Tecbor A, Tecbor B e Tecbor, os quais são diferenciados no Quadro 3-1. Podem ser utilizados para além de proteções de estruturas em aço, também podem ser utilizadas em condutas de ventilação, em divisórias, em fachadas, em tetos falsos e em túneis.

Existem dois formatos diferentes de acabamentos, o canto reto, em que é necessário que o encontro entre painéis seja a 90°, e o canto afinado, em que os dois cantos são comprimidos e afinados, oferecendo um melhor acabamento. Para a manipulação dos painéis recomenda-se, além de medidas de segurança habituais, a utilização de luvas. O armazenamento deve ser feito em superfícies planas, em local coberto e resguardado da chuva. O transporte com empilhadoras deve ser efetuado com os garfos abertos ao máximo.

Não se encontra no catálogo o consumo de placas e materiais de fixação utilizados para a instalação por metro linear de estrutura, a relação de massividade e a espessura da placa, bem como instruções de instalação do produto. As características e especificações técnicas são apresentadas no Quadro 3-1.

3. Empresas e seus produtos

Quadro 3-1: Características e especificações técnicas Exuvent Tecbor.

CARACTERÍSTICAS E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS				
ESPECIFICAÇÕES	TECBOR® A	TECBOR® B	TECBOR®	NORMATIVA
Composição	Óxido de magnésio, silicatos e outros aditivos	Óxido de magnésio, silicatos e outros aditivos	Óxido de magnésio, silicatos e outros aditivos	-
Classificação ao fogo	Não combustível Euroclase A1	Não combustível Euroclase A1	Não combustível Euroclase A1	UNE - EN 13501-1:2002
Densidade Seca (40°C)	700 kg/m ³ ±10%	650 kg/m ³ ±10%	900 kg/m ³ ±10%	UNE - EN 12467
Densidade (23°C y 50% HR)	730	680	925 kg/m ³	UNE - EN 12467
Condutividade térmica	0,27 W/mk	0,19 W/mk	0,31 W/mk	UNE - EN 12664
Alcalinidade pH	8-10	8-10	8-10	UNE - EN 13468
Capacidade da absorção da água	1,9 kg/m ²	4,12 kg/m ²	4,5 kg/m ²	EN 1609
Permeabilidade ao vapor da água	3,9 x 10 ⁻⁹ (Kg/m ² sPa)	3 x 10 ⁻⁹ (Kg/m ² sPa)	3 x 10 ⁻⁹ (Kg/m ² sPa)	UNE - EN ISO 12572
Tolerância de comprimento	± 5 mm	± 5 mm	± 5 mm	UNE - EN 12467
Tolerância de largura	± 3 mm	± 3 mm	± 3 mm	UNE - EN 12467
Expansão térmica (20-100°C)	3,6 (1/°C)*10E-5	3,1 (1/°C)*10E-5	3	UNE - EN ISO 10.545-8/97
Tolerância à espessura	± 1 mm	+2 mm -1 mm	+2 mm -1 mm	UNE - EN 12467
Rectitude dos cantos	Nível 1 - 0,1%	Nível 1 - 0,1%	Nível 1 - 0,1%	UNE - EN 12467
Conteúdo de matéria orgânica	4,55%	3,30%	3,3%	UNE 103 204/93
Resistência causada pela água	R _L < 0,75	R _L < 0,75	R _L < 0,75	UNE - EN 12467
Módulo de elasticidade (MPa)	3018,7	2149,2	475 MPa	UNE - EN 12089 UNE -EN 310
Resistência à curvatura MOR (MPa)	7,2	3,58	4,74 MPa	EN- 12467
Resistência à tração perpendicular à fibra (MPa)	1,2	0,68	1,47 MPa	EN - 1607
Resistência à compressão (MPa)	7,07	4,64	9,61 MPa	EN - 826
Estabilidade dimensional	≤ 0,25%	≤ 0,25%	≤ 0,25%	UNE - EN 326-1
Resistência à tração paralela às fibras (MPa)	1,59	0,81	0,99 MPa	EN 1608
Proliferação microbiana	No	No	No	EN 13403
Vida útil	25 anos Z ₂ (uso interior)	25 anos Z ₂ (uso interior)	25 anos Z ₂ (uso interior)	Dite 09/0057

3.2.1.2 K25D – Knauf

Segundo o catálogo do produto, disponível no Anexo – C: Catálogo K25D – Knauf, o sistema K25D é composto por placas de gesso laminado, de densidade controlada, com a coesão da alma melhorada em altas temperaturas. As placas variam de 12,5 a 15 mm de espessura. A fixação na estrutura pode ser feita através de montantes de aço galvanizado.

O sistema K25D abrange o sistema K252D que é utilizado para a proteção de vigas e o sistema K253D que é utilizado para a proteção de pilares. O sistema é aplicável em estruturas metálicas com até 372 m⁻¹ de fator de massividade e que necessite de uma proteção ao fogo entre R15 e R180. Existem diversas opções para a aplicação das placas, como se pode ver na Figura 3-1 e na Figura 3-2.

3. Empresas e seus produtos

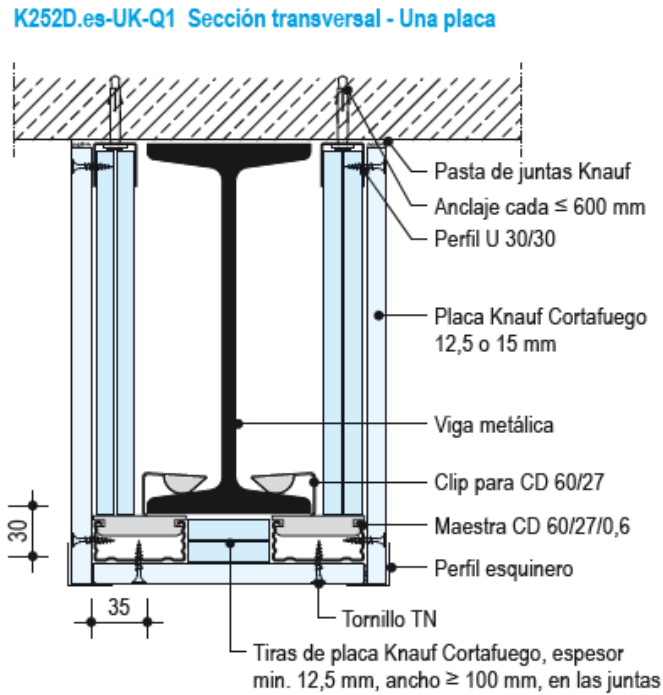


Figura 3-1: Pormenor da proteção K252 em vigas.

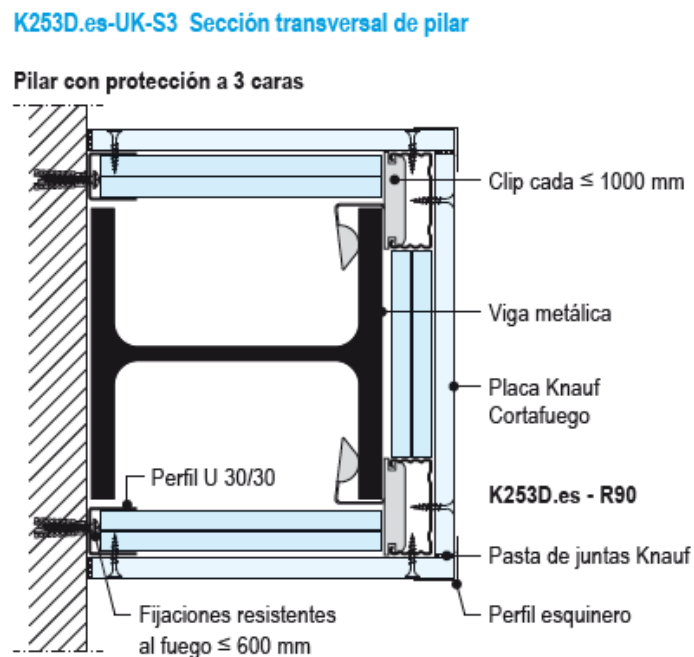


Figura 3-2: Pormenor da proteção K253 em pilares.

O catálogo apresenta informações sobre o cálculo do fator de massividade, bem como sobre a espessura de placa corta fogo para cada um. Também apresenta uma relação de materiais necessários para a instalação das placas por metro linear de estrutura e a explicação sobre a instalação, o tratamento de juntas, os acabamentos e o armazenamento. Não apresenta outras especificações técnicas.

3. Empresas e seus produtos

3.2.1.3 Fireboard GM-F K751 - Knauf

As placas Fireboard GM K751, segundo o catálogo do produto, disponível no Anexo – D: Catálogo Knauf Fireboard GM-F, estão disponíveis nas seguintes espessuras: 12,5, 15, 20 e 25 mm. Podem ser solicitadas outras espessuras. Há a possibilidade de serem utilizadas em interiores e possuem boa coesão do gesso a altas temperaturas, peso reduzido, pouca retração e dilatação térmica e são resistentes aos arcos voltaicos. O catálogo não apresenta os materiais para a sua execução, nem instruções de aplicação, nem armazenamento e transporte. Também não consta no catálogo uma relação do fator de massividade do perfil com a espessura da placa a ser utilizada. Outras características técnicas são apresentadas no catálogo na Figura 3-3.

Placa tipo		Cortafogo GM-F	UNE EN 15283-1	
Reação ao fogo UNE EN 13501-1		A1		
Fator de resistência ao vapor de água μ			UNE EN ISO 10456	
■ Seco		10		
■ Humido		4		
Condutividade térmica λ	W/(m.K)	0,23	UNE EN ISO 10456	
Dilatação e retração				
■ Por c/ 1% de variação de H rel. A::	mm/m	0,005 - 0,008		
■ Por °K de variação de temperatura	mm/m	0,013 - 0,02		
Densidade	kg/m ³	≥ 780		
Medidas:				
■ Espessuras.	mm	12,5, 15, 20, 25		
■ Largura.	mm	1200		
■ Comprimentos	mm.	Varias		
Peso:				
■ Placa de 12,5 mm.	kg/m ²	ap. 10,5		
■ Placa de 15 mm.	kg/m ²	ap. 12,0		
■ Placa de 20 mm.	kg/m ²	ap. 15,8		
■ Placa de 25 mm.	kg/m ²	ap. 20,0		
Resist. característica a compressão $f_{c,90,K}$ (da própria placa)	N/mm ²	≥ 5,5	DIN 1052	
Temperatura máxima de uso	°C	≤ 50 (p puntualmente até 60)		
Carga de ruptura na flexão (N) UNE EN 520				
Placa tipo	12,5 mm	15 mm	20 mm	25 mm
■ longitudinal:	≥ 538	≥ 645	≥ 860	≥ 1075
■ transversal:	≥ 210	≥ 252	≥ 336	≥ 420

As placas de Gesso Laminado, ao absorver água, aumentam seu peso. Com um aumento de 10% do seu peso, perdem 70% da sua resistência.

Esta placa não tem tratamento hidrófugo. Em contato com a água, demora. 2 hs., a aumentar o seu peso em 10%.

Figura 3-3: Especificações técnicas Fireboard GM-F K751.

3. Empresas e seus produtos

3.2.1.4 Resumo das especificações técnicas dos painéis corta fogo

O Quadro 3-2 apresenta o resumo das especificações técnicas encontradas nos catálogos dos painéis corta -fogo descritos nos itens anteriores.

Quadro 3-2: Resumo de especificações técnicas dos painéis corta fogo.

PAINÉIS CORTA FOGO			
	Exuvent Tecbor	K25D - Knauf	Fireboard GM F K751 - Knauf
Espessuras (mm)	5, 10, 12, 15, 20, 23, 24, 25, 30 e 40	12,5 e 15	12,5, 15, 20 e 25
Densidade seca - 40°C (kg/m³)	900		≥780
Densidade - 23°C e 50% HR (kg/m³)	925		
Condutividade térmica - λ (W/mK)	0,31		0,23
Alcalinidade pH	08 a 10		
Capacidade de absorção da água (kg/m²)	4,5		
Permeabilidade ao vapor da água (kg/m².s.Pa)	3,00E-09		
Módulo de elasticidade (MPa)	475		
Resistência à curvatura MOR (MPa)	4,74		
Resistência à tração perpendicular à fibra (MPa)	1,47		
Resistência à tração paralela às fibras (MPa)	0,99		
Resistência à compressão (MPa)	9,61		5,5
Resistência ao vapor de água humido e seco - μ			4 e 10
Resistência ao fogo (minutos)		R15 a R180	
Massividade máxima (m ⁻¹)		372	

3.2.2 Argamassas projetadas

3.2.2.1 Exuvent Tecwool F

A Exuvent Tecwool F, segundo o catálogo do produto, disponível no Anexo – E: Catálogo Exuvent Tecwool, é uma argamassa projetada de lã de rocha e cimento. Pode ser utilizada para a proteção de estruturas metálicas, proteção de condutas, proteção de lajes cerâmicas e de vigas de madeira.

A argamassa pode proporcionar diferentes acabamentos, nomeadamente: rugoso; liso; ou pintado, dependendo da função estética requerida. O processo de aplicação deve ser efetuado com uma máquina adequada para projetar a argamassa e a superfície deve ser preparada adequadamente. Não se encontram no catálogo outras especificações técnicas, consumo do produto, instruções de armazenamento e a relação do fator de massividade do perfil com a espessura de produto a ser utilizado.

3.2.2.2 Vermiplaster 911a – Knauf

A Vermiplaster P911a, segundo o catálogo do produto, disponível no Anexo - F: Catálogo Vermiplaster 911A – Knauf, é uma argamassa projetada em pó de grão fino para uso interior, a qual depois de aplicada forma um revestimento contínuo, que garante uma camada totalmente aderente ao elemento de suporte em que foi aplicada, e assim incrementar a resistência ao fogo do elemento. O grupo Vermiplaster P91 abrange a proteção de estruturas metálicas e estruturas de betão, sendo a P911a específica para estruturas metálicas. A espessura pode variar de 6 a 36 mm e a resistência ao fogo é de R15 a R120. A Figura 3-4 apresenta mais alguns dados técnicos.

3. Empresas e seus produtos

Dados Técnicos	
Cor	branco
Densidade	530 kg/m ³
Consumo médio	6,5 - 7 kg/cm/m ²
Água de amassar	73 %
Tempo de início de secagem	0:30 - 1:45
Fim de secagem	2:30 - 4:15
pH	12 - 13
Coefficiente de difusão ao vapor de água μ	8
Resistência à flexotração	0,9 MPa
Resistência à compressão	5 MPa
Reação ao fogo	A1

Figura 3-4: Dados técnicos Vermiplaster 911a.

O catálogo apresenta ainda o cálculo do fator de massividade para diferentes casos, bem como a espessura correspondente para cada resistência ao fogo requerida. O consumo é aproximadamente de 6,5 a 7,0 Kg/m² (em cada centímetro de espessura aplicado). A superfície deve preferencialmente ser preparada com um primário com base epoxídica ou de silicato de zinco. Pode ser utilizada para proteger vigas e pilares de aço com massividade até 540 m⁻¹.

3.2.2.3 TRIA Promaspray F250

O TRIA Promaspray F250, segundo o catálogo do produto, disponível no Anexo – G: Catálogo Tria Promaspray F250, é uma argamassa fibrosa isenta de amianto e qualquer outro produto nocivo para a saúde, é imputrescível e inatacável por roedores ou parasitas. A argamassa é aplicável em estruturas metálicas, em lajes, em elementos estruturais em betão armado e em soalhos de madeira. Além da proteção contra o fogo, o produto melhora o isolamento acústico, absorvendo o som em excesso, oferece um maior isolamento térmico, ao eliminar as pontes térmicas, e também controla a condensação. O Quadro 3-3 apresenta algumas características da argamassa.

Quadro 3-3: Características TRIA Promaspray F250.

TRIA PROMASPRAY F250	
Cor	Branca
Reacção ao fogo	A1 - Rapport SINTEF 102010.02/09.024A
Densidade (Kg/m ³)	180-250
Toxicidade	Não tóxico
pH	10
Isolamento térmico (W/m ² °C)	0,05
Condutividade térmica	0,05W/m.°C (cf RF 2005)

A aplicação é realizada por projeção com máquinas apropriadas, diretamente sobre o suporte a proteger, após a limpeza da respetiva superfície metálica, com remoção de ferrugem e resíduos. Em suportes metálicos esmaltados é aconselhável escovar ou fazer um tratamento prévio. Não deve ser aplicada em superfícies que estejam expostas a intempéries, direta ou indiretamente. A argamassa

3. Empresas e seus produtos

não deve ser aplicada ou secada em temperaturas inferiores a 5 °C. Uma boa ventilação favorece a secagem, caso contrário haverá consequências negativas. O acabamento pode ser em bruto, ou usar um rolo ou talocha para um acabamento alisado, e pintar com uma tinta acrílica ou vinílica.

O catálogo também apresenta informações sobre a massividade por espessura de aplicação, e dados sobre a absorção acústica para diversas espessuras. Não apresenta informações sobre o consumo de produto por metro quadrado e sobre o seu armazenamento.

3.2.2.4 Biofire – TRIA

A argamassa Biofire, segundo o catálogo do produto, disponível no Anexo – H: Catálogo Biofire – Tria, é pastosa, e é utilizada para a proteção de elementos estruturais. Com resistência ao fogo de R15 a R240. A argamassa é composta por inertes leves de perlite e vermiculita expandidos, por ligantes hidráulicos, por controladores de presa, e por aditivos para melhorar a projeção. O produto não contém asbestos, nocivos para a saúde. A argamassa pode ser aplicada em estruturas metálicas e mistas, em lajes, em estruturas de betão, em estruturas de madeira, e em construções de tabique. O Quadro 3-4 apresenta algumas características da argamassa Biofire.

Quadro 3-4: Características da argamassa Biofire.

Base Gesso
Cor Branco
Densidade aparente 600-760 Kg/m ³
Densidade da argamassa endurecida 850-900 Kg/m ³
pH 12
Aderência $\geq 0.10^*$ N/mm ² (Dependendo do suporte)
Força de compressão ≥ 2 N/mm ²
Resistência à flexão ≥ 1 N/mm ² (depois de 28 dias)
Rendimento teórico 8.5 Kg/m ² /cm
Temperatura de aplicação Entre 3 e 30 °C
Reação ao fogo A1
Amianto Sem amianto
Condutividade térmica 0.122 W/mK
Absorção sonora (α_w) 0.55(H) Classe D espessura 25 mm
Apresentação 20kg / saco. 54 sacos / palete (1,120 Kg)

Os perfis metálicos protegidos com esta argamassa devem estar limpos de poeiras ou gorduras, para propiciar melhores condições de aderência e deverá ser aplicada uma malha metálica antes da projeção. O acabamento pode ser liso ou rugoso e pode ser pintado após a secagem total com um sistema de pintura tal como utilizado sobre superfícies de gesso. Além disso, o catálogo dispõe de diversas tabelas relacionando a massividade com a espessura em função do tempo requerido de resistência ao fogo.

3.2.2.5 Biofire plus – TRIA

A Biofire Plus, segundo o catálogo do produto, disponível no Anexo – I: Catálogo Biofire Plus – Tria, é uma argamassa resistente ao fogo à base de gesso e com propriedades de isolamento térmico para proteção contra o fogo em elementos estruturais. Possui uma baixa densidade, o que a torna uma

3. Empresas e seus produtos

argamassa de alto desempenho. A argamassa é composta por agregados leves e materiais expandidos, aglutinantes hidráulicos, retardadores e aditivos para a aplicação mecânica, e não contém amianto.

Algumas vantagens da argamassa são a economia no transporte e a mão de obra, bem como um menor uso de consumíveis. A aplicação é realizada em uma única demão. Oferece uma proteção de R30 até R240 e uma de massividade até 470 m⁻¹. Também possui uma elevada aderência e uma fácil projeção em altura. O catálogo também apresenta um quadro que relaciona a espessura de aplicação com a massividade do perfil a ser protegido, assim como, um estudo de caso do quantitativo de material utilizado em uma unidade industrial de 1000 m². O Quadro 3-5 apresenta algumas especificações técnicas do material.

Quadro 3-5: Especificações técnicas da argamassa Biofire Plus.

Propriedades	Base	Gesso
	Cor	Branco velho
	Densidade teórica	350 kg/m ³
	Condutividade térmica	0,087 W/mK
	Amianto	Sem amianto
Técnicas	Rendimento teórico	4,1 kg/m ² /cm
	Temperatura de aplicação	Entre 3 e 30 °C
	Resistência ao fogo	Até R240
	Reação ao fogo	AI
Gerais	Ambiente de exposição	Tipo Y (semi-exposto)
	Disponibilidade	17 kg saco 48 sacos/ palete 816 kg for pallet
	Armazenamento	BIOFIRE PLUS matem as suas propriedades até um ano após a sua entrega, desde que mantido fechado e seco.

Os valores contidos nesta tabela são informativos

3.2.2.6 Resumo das especificações técnicas das argamassas projetadas

O Quadro 3-6 apresenta o resumo das especificações técnicas encontradas nos catálogos das argamassas projetadas descritas nos itens anteriores.

Quadro 3-6: Resumo das especificações técnicas das argamassas projetadas.

ARGAMASSAS PROJETADAS					
	Exuvent Tecwool F	Vermiplaster 911a - Knauf	Tria Promospray F250	Biofire - Tria	Biofire Plus - Tria
Espessuras (mm)		6 a 36			
Resistência ao fogo (minutos)		R 15 a R 120	R15 a R240	R15 a R240	R30 a R240
Massividade máxima (m ⁻¹)		540			470
Densidade (kg/m ³)		530	180 a 250	600 a 760	350
Condutividade térmica - λ (W/m°C)			0,05	0,122	0,087
pH		12 a 13	10	12	
Resistência à flexotração (MPa)		0,9		1	
Resistência à compressão (MPa)		5		2	
Coefficiente de difusão ao vapor de água - μ		8			
Consumo (Kg/m ² /cm)		6,5 a 7		8,5	4,1

3. Empresas e seus produtos

3.2.3 Tinta/revestimento intumescente

3.2.3.1 Flamopaint W3 – TRIA

O Flamopaint W3, segundo o catálogo do produto, disponível no Anexo – J: Catálogo Flamopaint W3 – Tria, é uma pintura intumescente branca de base aquosa, de baixa espessura, para a proteção passiva contra incêndios de estruturas metálicas de interior ou semi-expostas. Proporciona uma resistência ao fogo até R 90. A aplicação deve ser realizada em uma superfície limpa, seca, sem danos, e revestida com um primário compatível, adequado para o aço galvanizado, e aplicado conforme as recomendações do fabricante. A aplicação do Flamopaint W3 deve ser feita quando a temperatura do ar estiver acima de 5°C, a umidade relativa inferior a 80%, e a temperatura do suporte estar 3°C acima do ponto de orvalho.

A tinta é pronta para usar, não deve ser diluída, deve-se homogeneizar bem o conteúdo com um misturador mecânico antes de iniciar a sua aplicação. A superfície a proteger pode ser posteriormente pintada com uma tinta para acabamento final, desde que seja assegurada a sua compatibilidade com a proteção. A aplicação pode ser feita por pistola *airless*. A espessura máxima de uma demão é de 1 mm. Duas demãos podem ser passadas no mesmo dia desde que a primeira seja adequadamente seca, a temperatura seja superior a 20°C e a umidade relativa seja inferior a 70%. Ao utilizar trincha ou rolo, a trincha deve ser de pelo macio, para evitar traços horizontais e não deixar marcas, ou um rolo de pelo curto para acabamento uniforme.

O Quadro 3-7 apresenta as características técnicas da tinta intumescente. Um outro catálogo extra da Flamopaint W3 relaciona as espessuras de aplicação necessárias para cada elemento estrutural com relação ao fator de massividade e o tempo requerido de resistência ao fogo.

Quadro 3-7: Características técnicas da tinta Flamopaint W3.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Composição	Base aquosa
Cor	Branco
Densidade	1.38 ± 0.02 (kg/l)
Volume em sólidos	70 % ± 3 %
COV	< 0.5 g/litro
Viscosidade	300-350 P (misturador de 6 mm a 20 rpm)
Rendimento	503 g/m ² a 250 Micron em seco
Vida útil	9 meses - fechado na embalagem original. Não deve ser aberto até à data de uso.
Armazenamento	entre 5 – 35 °C local seco
Embalagem	Balde de 25 Kg

3. Empresas e seus produtos

3.2.3.2 IC300WB – TRIA

A tinta TRIA IC300 WB permite realizar um revestimento intumescente aquoso, cujas principais propriedades, segundo o catálogo do produto, disponível no Anexo – K: Catálogo Tria IC300 WB, são: sob a ação do calor, produzir uma espuma isolante de baixíssima condutividade térmica, protegendo a estrutura da ação do fogo. A aplicação pode ser feita em ambientes interiores e em ambientes exteriores, no segundo caso, é recomendado a utilização de um esmalte como acabamento. As vantagens da tinta são a sua fácil aplicação, alta espessura por demão, sem problemas de repintura e rápida secagem. O produto pode ser aplicado em estruturas de aço e de madeira.

A superfície metálica a proteger deve ser preparada corretamente para um desempenho eficiente da proteção. Antes da repintura, a película deve estar seca, limpa e isenta de quaisquer contaminantes. Deve-se ter atenção às recomendações para o primário específico utilizado indicado no catálogo. O acabamento deverá ser escolhido de acordo com as condições estruturais a que a estrutura estará exposta. Não se encontra no catálogo informações de armazenamento e uma relação do fator de massividade do perfil com a espessura de produto a ser utilizado.

Em zonas fechadas, devem ser criadas boas condições de ventilação para a aplicação e secagem da tinta, assim os solventes são eliminados. A temperatura deve estar entre os 5 e os 45°C, a humidade relativa deve ser inferior a 85% e a temperatura mínima do suporte deve estar 3°C acima do ponto de orvalho. Não é aconselhado a utilização de trincha ou rolo.

3.2.3.3 Flamopaint W-S – TRIA

As tintas Flamopaint W e Flamopaint S, segundo o catálogo dos produtos, disponível no Anexo – L: Catálogo Flamopaint W-S – Tria, permitem realizar revestimentos intumescentes de base água e solvente respetivamente, desenvolvidas para que, com uma fina película, assegurem proteção contra a ação do fogo em estruturas metálicas, com uma resistência ao fogo de R 30 a R 120. A tinta permite a redução do tempo entre demãos, aplicação de até 1000 microns de espessura numa só demão. É adequada para ambientes, interiores e exteriores. Em interiores não é necessária a aplicação de pintura de acabamento. O Quadro 3-8 apresenta outras características da tinta.

3. Empresas e seus produtos

Quadro 3-8: Características da tinta Flamopaint W-S.

FLAMOPLAINT W-S		
Cor e brilho	Branco Mate	
Espessura recomendada (seca)	A espessura seca requerida para o filme deve estar de acordo com o relatório de classificação.	
Intervalos entre demãos	Mínimo 4 horas (com o próprio); Mínimo 24 horas (com o acabamento).	
Condições de aplicação	Primário compatível (ou aprovado), superfície seca, limpa e isenta de contaminações; Temperatura mínima do substrato: 3°C acima do ponto de orvalho; Temperatura de aplicação: superior a 5°C e inferior a 40°C; Humidade Relativa durante a aplicação: inferior a 85%.	
Preparação para aplicações	Mexer até à homogeneização completa do FLAMOPAINT W ou FLAMOPAINT S. O excesso de solvente aumenta a possibilidade de escorrimentos. Respeitar as recomendações de diluição.	
Aplicação por pistola airless	Diluição recomendada	Quando necessário, até 5%, usar um diluente aprovado
	Ângulo do bico	20° a 50°, dependendo da configuração das peças de aço a proteger
	Diâmetro de abertura do bico	De 0,48 mm a 0,53 mm
	Pressão no bico	20 MPa (cerca de 200 bar)
	Diluyente de limpeza	Usar um diluyente aprovado
Aplicação por trincha/rolo	Utilização	Apenas para pequenas áreas (retoques e reparações)
	Diluição recomendada	Não diluir
Diluyente de limpeza	Usar um diluyente aprovado	
Tempos de secagem	Os tempos de secagem podem variar consideravelmente dependendo das condições ambientais de aplicação, da secção A/V m-1 (Hp/A) e da espessura de filme aplicado.	
Espessura do revestimento	Espessura em função da classe de resistência ao fogo, temperatura crítica e massividade/fator forma do elemento a proteger. Consultar o Dep. Técnico da TRIA	

Não se encontra no catálogo uma relação do fator de massividade do perfil com a espessura de produto a ser utilizada, informações sobre o consumo de produto por m² e considerações sobre o seu armazenamento.

3.2.3.4 Resumo das especificações técnicas tintas e revestimentos intumescentes

No Quadro 3-9 apresenta-se o resumo das especificações técnicas encontradas nos catálogos das tintas e revestimentos intumescentes descritos nos itens anteriores.

Quadro 3-9: Resumo das especificações técnicas das tintas e revestimentos intumescentes.

TINTA/ REVESTIMENTO INTUMESCENTE			
	Flamopaint W3 - Tria	IC300WB - Tria	Flamopaint W-S - TRIA
Resistência ao fogo (minutos)	Até R90		R30 a R120
Densidade (kg/L)	1,38	1,46	

3. Empresas e seus produtos

4. Dimensionamento de estruturas metálicas em situação de incêndio

O dimensionamento de estruturas em situação de incêndio, conforme Mesquita (2013), consiste em considerar o fogo como uma ação acidental. A EN 1993-1-2 (2010) preconiza o dimensionamento de estruturas de aço em situação de incêndio. As secções seguintes apresentam as principais regras da regulamentação a satisfazer.

Admite-se que a resistência de um elemento de aço se mantém após um determinado tempo de incêndio se o valor de cálculo dos efeitos das ações em situação de incêndio ($E_{fi,d}$), forem menores ou iguais ao valor de cálculo de resistência do elemento de aço ($R_{fi,d,t}$), em situação de incêndio, no mesmo instante de tempo, o que revela a Equação 4-1.

$$E_{fi,d} \leq R_{fi,d,t} \quad \text{Equação 4-1}$$

4.1 Classificação das secções transversais

As secções transversais podem ser classificadas como à temperatura normal desde que com um valor reduzido de ε , conforme a EN 1993-1-2 (2010), como indicado na Equação 4-2.

$$\varepsilon = 0,85 [235/f_y]^{0,5} \quad \text{Equação 4-2}$$

Sendo:

4 - Dimensionamento de estruturas metálicas em situação de incêndio

f_y : tensão de cedência do aço a 20 °C

Após a determinação do ϵ , observa-se o Quadro 5.2 da EN 1993-1-1 (2010) (Figura 4-1, Figura 4-2 e Figura 4-3) e determina-se a classificação da secção transversal do elemento.

Componentes internos comprimidos						
					Eixo de flexão	
					Eixo de flexão	
Classe	Componente solicitado à flexão	Componente solicitado à compressão	Componente solicitado à flexão e à compressão			
Distribuição das tensões nos componentes (compressão positiva)						
1	$c/t \leq 72\epsilon$	$c/t \leq 33\epsilon$	quando $\alpha > 0,5$: $c/t \leq \frac{396\epsilon}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{36\epsilon}{\alpha}$			
2	$c/t \leq 83\epsilon$	$c/t \leq 38\epsilon$	quando $\alpha > 0,5$: $c/t \leq \frac{456\epsilon}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{41,5\epsilon}{\alpha}$			
Distribuição das tensões nos componentes (compressão positiva)						
3	$c/t \leq 124\epsilon$	$c/t \leq 42\epsilon$	quando $\psi > -1$: $c/t \leq \frac{42\epsilon}{0,67 + 0,33\psi}$ quando $\psi \leq -1^{*)}$: $c/t \leq 62\epsilon(1 - \psi)\sqrt{(-\psi)}$			
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

^{*)} $\psi \leq -1$ aplica-se quando a tensão de compressão $\sigma \leq f_y$, ou quando a extensão de tracção $\epsilon_y > f_y/E$.

Figura 4-1: Classificação das secções - 1 de 3 (EN 1993-1-1, 2010)

4 - Dimensionamento de estruturas metálicas em situação de incêndio

Banzos em consola						
Secções laminadas			Secções soldadas			
Classe	Componente solicitado à compressão	Componente solicitado à flexão e à compressão				
		Extremidade comprimida		Extremidade traccionada		
Distribuição das tensões nos componentes (compressão positiva)						
1	$c/t \leq 9\epsilon$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$
2	$c/t \leq 10\epsilon$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$
Distribuição das tensões nos componentes (compressão positiva)						
3	$c/t \leq 14\epsilon$	$c/t \leq 21\epsilon\sqrt{k_\sigma}$ Para k_σ ver a EN 1993-1-5				
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

Figura 4-2: Classificação das secções - 2 de 3 (EN 1993-1-1, 2010)

4 - Dimensionamento de estruturas metálicas em situação de incêndio

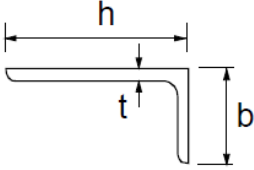
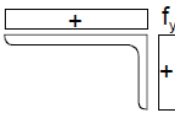
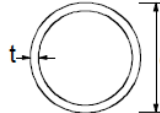
Consultar também "Banzos em consola" (ver página 2 de 3)		<p style="text-align: center;">Cantoneiras</p> 		Não se aplica a cantoneiras em contacto contínuo com outros componentes		
Classe	Secção comprimida					
Distribuição das tensões na secção (compressão positiva)						
3	$h/t \leq 15\epsilon$ e $\frac{b+h}{2t} \leq 11,5\epsilon$					
<p>Secções tubulares</p> 						
Classe	Secção em flexão e/ou compressão					
1	$d/t \leq 50\epsilon^2$					
2	$d/t \leq 70\epsilon^2$					
3	$d/t \leq 90\epsilon^2$ <i>NOTA: Para $d/t > 90\epsilon^2$ ver a EN 1993-1-6.</i>					
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71
	ϵ^2	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51

Figura 4-3: Classificação das secções - 3 de 3 (EN 1993-1-1, 2010)

4.2 Temperatura crítica

O grau de utilização (μ_0) no instante de tempo zero, para todos os elementos com secções transversais da classe 1, 2 ou 3 e para todos os elementos tracionados pode ser definido, atendendo à norma EN 1993-1-2 (2010), pela Equação 4-3.

$$\mu_0 = E_{fi,d}/R_{fi,d,0} \quad \text{Equação 4-3}$$

A temperatura crítica ($\theta_{a,cr}$) do aço carbono num determinado instante de tempo e para uma distribuição uniforme de temperatura é determinada pela Equação 4-4. O Quadro 4-1 relaciona os valores do grau de utilização com os da temperatura crítica.

4 - Dimensionamento de estruturas metálicas em situação de incêndio

$$\theta_{a,cr} = 0,39 \ln \left[\frac{1}{0,9674 \mu_0^{3,833}} - 1 \right] + 482 \quad \text{Equação 4-4}$$

Quadro 4-1: Temperatura crítica e grau de utilização (EN 1993-1-2, 2010)

μ_0	$\theta_{a,cr}$	μ_0	$\theta_{a,cr}$	μ_0	$\theta_{a,cr}$
0,22	711	0,42	612	0,62	549
0,24	698	0,44	605	0,64	543
0,26	685	0,46	598	0,66	537
0,28	674	0,48	591	0,68	531
0,30	664	0,50	585	0,70	526
0,32	654	0,52	578	0,72	520
0,34	645	0,54	572	0,74	514
0,36	636	0,56	566	0,76	508
0,38	628	0,58	560	0,78	502
0,40	620	0,60	554	0,80	496

4.3 Temperatura do elemento sem proteção contra o fogo

Para uma distribuição equivalente de temperatura uniforme da secção transversal, o aumento de temperatura ($\Delta\theta_{a,t}$), num elemento de aço não protegido durante um intervalo de tempo é determinado, conforme a EN 1993-1-2 (2010), pela Equação 4-5.

$$\Delta\theta_{a,t} = k_{sh} \frac{Am/V}{c_a \rho_a} \dot{h}_{net,d} \Delta t \quad \text{Equação 4-5}$$

Em que:

k_{sh} : fator de correção para o efeito sombra.

Am/V : fator de massividade não protegido.

c_a : calor específico do aço [J/kg K]

ρ_a : massa específica do aço (7850 kg/m³)

$\dot{h}_{net,d}$: valor de cálculo do fluxo de calor efetivo por unidade de área [W/m²]

O fator de correção para o efeito sombra (k_{sh}) para secções em I sujeitas às ações do fogo nominal é determinado pela Equação 4-6.

4 - Dimensionamento de estruturas metálicas em situação de incêndio

$$k_{sh} = 0,9 [Am/V]_b / [Am/V] \quad \text{Equação 4-6}$$

Em que:

$[Am/V]_b$: fator de massividade calculado como se o perfil tivesse proteção em caixão

Para todos os outros casos, o k_{sh} é definido pela Equação 4-7.

$$k_{sh} = [Am/V]_b / [Am/V] \quad \text{Equação 4-7}$$

O calor específico do aço (c_a) é definido na EN 1993-1-2 (2010) pela Equação 4-8, Equação 4-9, Equação 4-10 e Equação 4-11. Na Figura 4-4 o gráfico mostra a relação entre o calor específico e a temperatura.

- Para $20 \text{ °C} \leq \theta_a < 600 \text{ °C}$

$$c_a = 425 + 0,773 \theta_a - 0,00169 \theta_a^2 + 2,22 \times 10^{-6} \theta_a^3 \quad \text{Equação 4-8}$$

- Para $600 \text{ °C} \leq \theta_a < 735 \text{ °C}$

$$c_a = 666 + \frac{13002}{738 - \theta_a} \quad \text{Equação 4-9}$$

- Para $735 \text{ °C} \leq \theta_a < 900 \text{ °C}$

$$c_a = 545 + \frac{17820}{\theta_a - 731} \quad \text{Equação 4-10}$$

- Para $900 \text{ °C} \leq \theta_a < 1200 \text{ °C}$

$$c_a = 650 \quad \text{Equação 4-11}$$

Em que:

θ_a : temperatura do aço [°C]

4 - Dimensionamento de estruturas metálicas em situação de incêndio

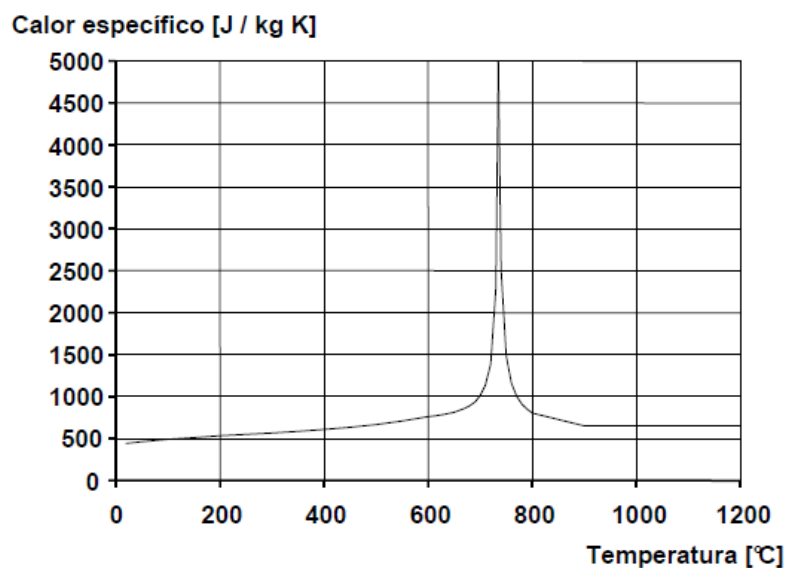


Figura 4-4: Calor específico do aço carbono em função da temperatura (EN 1993-1-2, 2010)

O $\dot{h}_{net,d}$ é obtido, segundo a EN 1991-1-2 (2010), considerando a transferência de calor por convecção e radiação, conforme a Equação 4-12.

$$\dot{h}_{net} = \dot{h}_{net,c} + \dot{h}_{net,r} \quad \text{Equação 4-12}$$

A parcela $\dot{h}_{net,c}$ é definida pela Equação 4-13.

$$\dot{h}_{net,c} = \alpha_c (\theta_g - \theta_m) \quad \text{Equação 4-13}$$

Em que:

α_c : coeficiente de transferência de calor por convecção (= 25 W/m²K - EN 1993-1-2 3.2)

θ_g : temperatura dos gases na proximidade do elemento exposto ao fogo [°C]

θ_m : temperatura da superfície do elemento [°C]

A parcela $\dot{h}_{net,r}$ é definida pela Equação 4-14.

$$\dot{h}_{net,r} = \varphi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma [(\theta_t + 273)^4 - (\theta_m + 273)^4] \quad \text{Equação 4-14}$$

Em que:

φ : fator de vista (= 1,00 - EN 1993-1-2)

ε_m : emissividade da superfície do elemento (= 0,7 - EN 1993-1-2)

ε_f : emissividade do fogo (= 1,0 - EN 1993-1-2)

σ : constante de Stephan Boltzmann (= 5,67.10⁻⁸ W/m²K⁴)

θ_t : temperatura de radiação efetiva do ambiente de incêndio [°C]

4 - Dimensionamento de estruturas metálicas em situação de incêndio

θ_m : temperatura da superfície do elemento [°C]

Segundo Franssen e Real (2010), $\theta_t = \theta_g$, sendo θ_g conforme Equação 4-15.

$$\theta_g = 20 + 660(1 - 0,687e^{-0,32t} - 0,313e^{-3,8t}) \quad \text{Equação 4-15}$$

Para encontrar os valores do aumento de temperatura deve-se utilizar um processo incremental, no qual os valores de Δt não devem ser superiores a 5 segundos. Os valores do fator de massividade devem ser superiores a 10 m^{-1} .

4.4 Temperatura do elemento com proteção contra o fogo

Para uma distribuição uniforme de temperatura na secção transversal, o aumento de temperatura ($\Delta\theta_{a,t}$), num elemento de aço protegido durante um intervalo de tempo é determinado, conforme a EN 1993-1-2 (2010), pela Equação 4-16. Não devem ser utilizados valores de Δt superiores a 30 segundos.

$$\Delta\theta_{a,t} = \frac{\lambda_p A_p / V (\theta_{g,t} - \theta_{a,t})}{d_p c_a \rho_a (1 + \phi / 3)} \Delta t - (e^{\phi / 10} - 1) \Delta\theta_{g,t} \quad \text{Equação 4-16}$$

Com $\Delta\theta_{a,t} \geq 0$ se $\Delta\theta_{g,t} > 0$

Em que:

λ_p : condutibilidade térmica do sistema de proteção contra incêndio [W/mK]

A_p / V : fator de massividade para os elementos de aço isolados por meio de material de proteção contra incêndio

$\theta_{g,t}$: temperatura ambiente dos gases no instante t [°C]

$\theta_{a,t}$: temperatura do aço no instante t [°C]

d_p : espessura do material de proteção contra incêndio [m]

c_a : calor específico do aço [J/kg K]

ρ_a : massa específica do aço (7850 kg/m³)

$$\phi = \frac{c_p \rho_p}{c_a \rho_a} d_p A_p / V$$

c_p : calor específico do material de proteção contra incêndio independente da temperatura [J/kg K]

ρ_p : massa específica do material de proteção contra incêndio [kg/m³]

Δt : intervalo de tempo [s]

4 - Dimensionamento de estruturas metálicas em situação de incêndio

Franssen e Real (2010) destacam que é possível acrescentar um tempo de *delay* (t_v) quando a temperatura do aço atinge 100 °C, devido ao calor latente de vaporização da proteção. O tempo de *delay* é apresentado na Equação 4-17.

$$t_v = \frac{\rho \rho_p d_p^2}{5 \lambda_p} [\text{min.}] \quad \text{Equação 4-17}$$

Sendo:

ρ : o teor de humidade do material de proteção (%).

4.5 Vigas com secções transversais da Classe 1 ou 2

4.5.1 Resistência do elemento sem proteção - momento fletor

O valor do momento resistente ($M_{fi,\theta,Rd}$), conforme a EN 1993-1-2 (2010), de uma secção transversal da Classe 1 ou 2 de um elemento com distribuição de temperatura uniforme é determinado pela Equação 4-18.

$$M_{fi,\theta,Rd} = k_{y,\theta} [\gamma_{M,0} / \gamma_{M,fi}] M_{Rd} \quad \text{Equação 4-18}$$

Em que:

M_{Rd} : o valor de cálculo do momento plástico resistente da secção transversal bruta à temperatura normal ou momento resistente reduzido à temperatura normal.

$k_{y,\theta}$: fator de redução para a tensão de cedência do aço (Figura 4-5)

$\gamma_{M,fi}$: coeficiente parcial em situação de incêndio (=1,00)

γ_{M0} : coeficiente parcial de segurança para a resistência de secções transversais de qualquer classe ($\gamma_{M0} = 1,00$).

O M_{Rd} é definido, conforme Franssen e Real (2010), pela Equação 4-19.

$$M_{Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{Equação 4-19}$$

Em que:

W_{pl} : módulo de flexão plástico da secção transversal.

4.5.2 Resistência do elemento sem proteção - esforço transversal

O valor de cálculo do esforço transversal plástico resistente ($V_{pl,Rd}$), conforme Franssen e Real (2010), é dado pela Equação 4-20.

4 - Dimensionamento de estruturas metálicas em situação de incêndio

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} \quad \text{Equação 4-20}$$

Em que:

A_v : área resistente ao esforço transversal

O valor de cálculo da resistência ao esforço transversal ($V_{fi,t,Rd}$) para um tempo t , de uma secção transversal da classe 1 ou 2 deve ser determinado conforme a EN 1993-1-2 (2010), pela Equação 4-21.

$$V_{fi,t,Rd} = k_{y,\theta,web} V_{Rd} [\gamma_{M,0} / \gamma_{M,fi}] \quad \text{Equação 4-21}$$

Em que:

V_{Rd} : valor de cálculo da resistência ao esforço transversal da secção transversal bruta à temperatura normal ($V_{pl,Rd}$)

θ, web : temperatura média na alma da secção.

$k_{y,\theta,web}$: fator de redução para a tensão de cedência do aço à temperatura θ, web .

O valor de $k_{y,\theta,web}$ pode ser encontrado por interpolação na tabela da Figura 4-5.

4 - Dimensionamento de estruturas metálicas em situação de incêndio

Temperatura do aço θ_a	Factores de redução à temperatura θ_a referidos ao valor de f_y ou E_a a 20 °C		
	Factor de redução (referido a f_y) para a tensão de cedência efectiva $k_{y,0} = f_{y,0}/f_y$	Factor de redução (referido a f_y) para a tensão limite de proporcionalidade $k_{p,0} = f_{p,0}/f_y$	Factor de redução (referido a E_a) para a inclinação da recta que representa o domínio elástico $k_{E,0} = E_{a,0}/E_a$
20 °C	1,000	1,000	1,000
100 °C	1,000	1,000	1,000
200 °C	1,000	0,807	0,900
300 °C	1,000	0,613	0,800
400 °C	1,000	0,420	0,700
500 °C	0,780	0,360	0,600
600 °C	0,470	0,180	0,310
700 °C	0,230	0,075	0,130
800 °C	0,110	0,050	0,090
900 °C	0,060	0,0375	0,0675
1000 °C	0,040	0,0250	0,0450
1100 °C	0,020	0,0125	0,0225
1200 °C	0,000	0,0000	0,0000

NOTA: Para os valores intermédios da temperatura do aço, poderá efectuar-se uma interpolação linear.

Figura 4-5: Fatores de redução do aço carbono a temperaturas elevadas (EN 1993-1-2, 2010)

4.5.3 Resistência do elemento sem proteção - esforço normal

O valor de cálculo do esforço normal resistente plástico da secção bruta ($N_{pl,Rd}$), conforme Franssen e Real (2010), é dado pela Equação 4-22.

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{Equação 4-22}$$

Em que:

A: área da secção bruta

4.6 Elementos comprimidos com secções transversais da Classe 1, Classe 2 e Classe 3

O valor de cálculo da resistência à encurvadura ($N_{b,fi,t,Rd}$) para um tempo t , de um elemento comprimido de secção transversal da Classe 1, 2 ou 3 com uma temperatura uniforme (θ_a) é determinado, conforme a EN-1993-1-2, de acordo com a Equação 4-23.

$$N_{b,fi,t,Rd} = \chi_{fi} A k_{y,\theta} f_y / \gamma_{M,fi} \quad \text{Equação 4-23}$$

Em que:

χ_{fi} : coeficiente de redução para a encurvadura por flexão em situação de incêndio.

$k_{y,\theta}$: factor de redução para a tensão de cedência do aço à temperatura θ_a , atingida no instante de tempo t .

O valor de χ_{fi} é determinado a partir da Equação 4-24.

$$\chi_{fi} = \frac{1}{\varphi_{\theta} + \sqrt{\varphi_{\theta}^2 - \bar{\lambda}_{\theta}^2}} \quad \text{Equação 4-24}$$

Em que:

$$\varphi_{\theta} = \frac{1}{2} [1 + \alpha \bar{\lambda}_{\theta} + \bar{\lambda}_{\theta}^2]$$

$$\alpha = 0,65 \sqrt{235/f_y}$$

A esbelteza normalizada para a temperatura θ_a é obtida pela Equação 4-25.

$$\bar{\lambda}_{\theta} = \bar{\lambda} [k_{y,\theta} / k_{E,\theta}]^{0,5} \quad \text{Equação 4-25}$$

Com:

$k_{E,\theta}$: fator de redução para a inclinação da reta que representa o domínio elástico à temperatura do aço θ_a atingida no instante t (Figura 4-5)

O comprimento de encurvadura (l_{fi}) de um pilar em situação de incêndio é determinado à temperatura normal. No caso de um pórtico contraventado, ver Figura 4-6, no qual cada piso constitua um compartimento de incêndio separado com resistência ao fogo suficiente, o comprimento de encurvadura de um pilar contínuo de um piso intermédio é $l_{fi} = 0,5 L$ e no último piso é $l_{fi} = 0,7 L$, em que L é o comprimento do pilar no piso em questão, conforme a EN 1993-1-2 (2010).

4 - Dimensionamento de estruturas metálicas em situação de incêndio

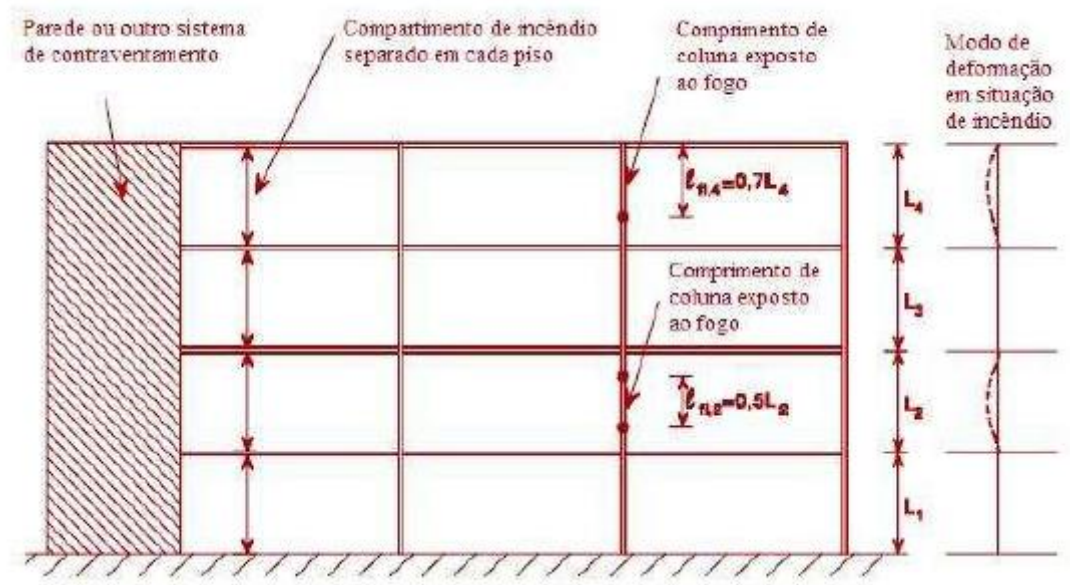


Figura 4-6: Comprimento de encurvadura (EN 1993-1-2, 2010)

A esbelteza adimensional ($\bar{\lambda}$) é definida, conforme Franssen e Real (2010), pela Equação 4-26.

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \quad \text{Equação 4-26}$$

Em que

λ é o comprimento de encurvadura (l_{fi}) dividido pelo raio de giração (i)

$\lambda_1 = 93,3 \varepsilon$, sendo ε à temperatura normal, ou seja $\varepsilon = \sqrt{235/f_y}$

4.7 Elementos com secções transversais da Classe 1, 2 e 3 - flexão composta com compressão.

O valor de cálculo da resistência à encurvadura ($R_{fi,t,d}$), conforme EN 1993-1-2 (2010), no instante t de um elemento sujeito a flexão composta com compressão deverá ser verificado para secções de classe 1 ou 2 satisfazendo à Equação 4-27 e Equação 4-28.

$$\frac{N_{fi,Ed}}{\chi_{min,fi} A k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_y M_{y,fi,Ed}}{W_{pl,y} k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_z M_{z,fi,Ed}}{W_{pl,z} k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} \leq 1 \quad \text{Equação 4-27}$$

$$\frac{N_{fi,Ed}}{\chi_{z,fi} A k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_{LT} M_{y,fi,Ed}}{\chi_{LT,fi} W_{pl,y} k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_z M_{z,fi,Ed}}{W_{pl,z} k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} \leq 1 \quad \text{Equação 4-28}$$

4 - Dimensionamento de estruturas metálicas em situação de incêndio

Desenvolvendo a equação, conforme Franssen e Real (2010), tem-se a Equação 4-29 e Equação 4-30.

$$\frac{N_{fi,Ed}}{\chi_{min,fi} A \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_y M_{y,fi,Ed}}{W_{pl,y} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_z M_{z,fi,Ed}}{W_{pl,z} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} = k_{y,\theta} = \mu_0 \quad \text{Equação 4-29}$$

$$\frac{N_{fi,Ed}}{\chi_{z,fi} A \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_{LT} M_{y,fi,Ed}}{\chi_{LT,fi} W_{pl,y} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} + \frac{k_z M_{z,fi,Ed}}{W_{pl,z} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} = k_{y,\theta} = \mu_0 \quad \text{Equação 4-30}$$

Em que:

$\chi_{min,fi}$ e $\chi_{z,fi}$ conforme Equação 4-24.

$$\chi_{LT,fi} = \frac{1}{\varphi_{LT,\theta,com} + \sqrt{[\varphi_{LT,\theta,com}]^2 - [\bar{\lambda}_{LT,\theta,com}]^2}}$$

$$\varphi_{LT,\theta,com} = \frac{1}{2} [1 + \alpha \bar{\lambda}_{LT,\theta,com} + (\bar{\lambda}_{LT,\theta,com})^2]$$

$$\alpha = 0,65 \sqrt{235/f_y}$$

$$\bar{\lambda}_{LT,\theta,com} = \bar{\lambda}_{LT} \sqrt{[k_{y,\theta,com}/k_{E,\theta,com}]}$$

$$k_{LT} = 1 - \frac{\mu_{LT} N_{fi,Ed}}{\chi_{z,fi} A k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} \leq 1$$

$$\mu_{LT} = 0,15 \bar{\lambda}_{z,\theta} \beta_{M,LT} - 0,15 \leq 0,9$$

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y N_{fi,Ed}}{\chi_{y,fi} A k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} \leq 3$$

$$\mu_y = (2\beta_{M,y} - 5) \bar{\lambda}_{y,\theta} + 0,44 \beta_{M,y} + 0,29 \leq 0,8 \text{ com } \bar{\lambda}_{y,20^\circ C} \leq 1,1$$

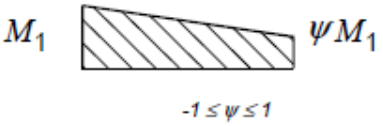
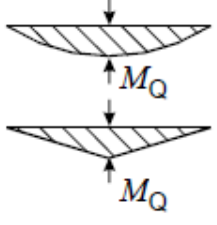
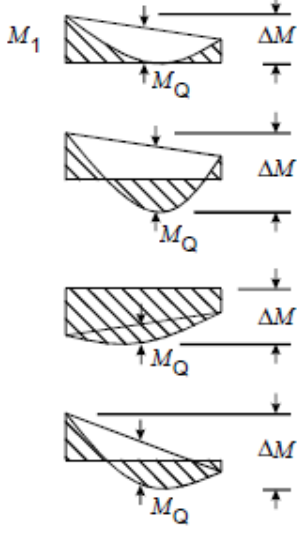
$$k_z = 1 - \frac{\mu_z N_{fi,Ed}}{\chi_{z,fi} A k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}}} \leq 3$$

$$\mu_z = (1,2\beta_{M,z} - 3) \bar{\lambda}_{z,\theta} + 0,71 \beta_{M,z} - 0,29 \leq 0,8 \text{ com } \bar{\lambda}_{y,20^\circ C} \leq 1,1$$

β_M : coeficiente de momento uniforme conforme o Quadro 4-2.

4 - Dimensionamento de estruturas metálicas em situação de incêndio

Quadro 4-2: Coeficiente de momento uniforme (EN 1993-1-2, 2010)

Diagrama de momentos	Coeficiente de momento uniforme equivalente β_M
<p>Momentos nas extremidades</p>  <p>M_1 ψM_1</p> <p>$-1 \leq \psi \leq 1$</p>	$\beta_{M\psi} = 1,8 - 0,7 \psi$
<p>Momentos devidos a cargas laterais no plano</p>  <p>M_Q</p> <p>M_Q</p>	$\beta_{MQ} = 1,3$ $\beta_{MQ} = 1,4$
<p>Momentos devidos a cargas laterais no plano e a momentos nas extremidades</p>  <p>M_1 M_Q ΔM</p> <p>M_Q ΔM</p> <p>M_Q ΔM</p> <p>M_Q ΔM</p> <p>M_Q ΔM</p>	$\beta_M = \beta_{M\psi} + \frac{M_Q}{\Delta M} (\beta_{MQ} - \beta_{M\psi})$ $M_Q = \max M \text{ devido unicamente à carga lateral}$ $\Delta M \begin{cases} \max M & \text{para o diagrama de momentos} \\ & \text{sem mudança de sinal} \\ \max M + \min M & \text{para o diagrama de momentos} \\ & \text{com mudança de sinal} \end{cases}$


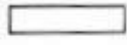
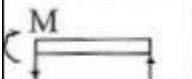

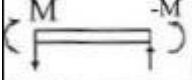

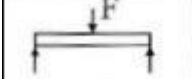

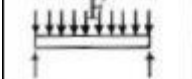

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} f_y}{M_{cr}}}$$

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 E I_z}{L^2} \sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 G I}{\pi^2 E I_z}}$$

Em que C_1 é determinado através do Quadro 4-3.

4 - Dimensionamento de estruturas metálicas em situação de incêndio

Quadro 4-3: Fator C_1 (Franssen e Real. 2010)

Beam and loads	Bending moment	M_{max}	C_1
		M	1.00
		M	1.77
		M	2.60
		$\frac{FL}{4}$	1.35
		$\frac{FL^2}{8}$	1.12

0 -

5. Estudo de caso

5.1 Definição da estrutura de estudo

Para o estudo de caso considera-se uma estrutura genérica na qual os elementos estruturais foram devidamente dimensionados atendendo à EN 1993-1-1 (2010), utilizando um algoritmo que implementa o método dos deslocamentos para a análise de estruturas hiperestáticas, isto é, para a determinação dos esforços, N , V e M , escrito em linguagem algébrica no IDE da Wolfram Alpha - Mathematica. A Figura 5-1 representa a estrutura.

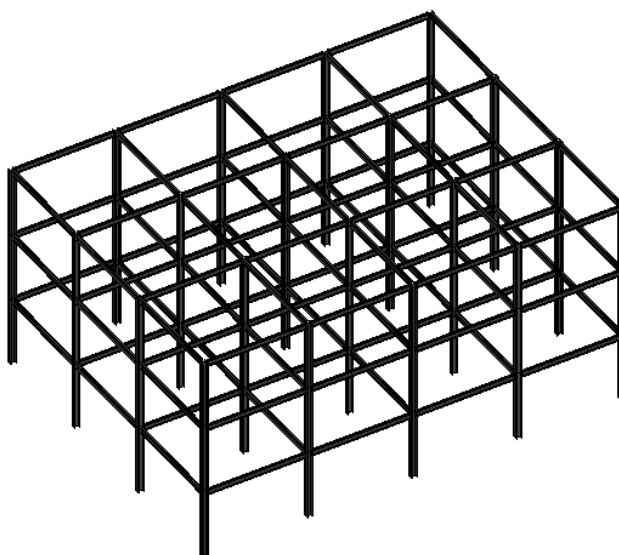


Figura 5-1: Representação 3D da estrutura

5 - Estudo de caso

A estrutura é um edifício de escritórios de 3 andares, com 4 metros de altura cada andar com 3 tramos na direção 1, e 4 tramos na direção 2, com vãos de 6 metros, como se pode ver na Figura 5-2, Figura 5-3 e Figura 5-4.

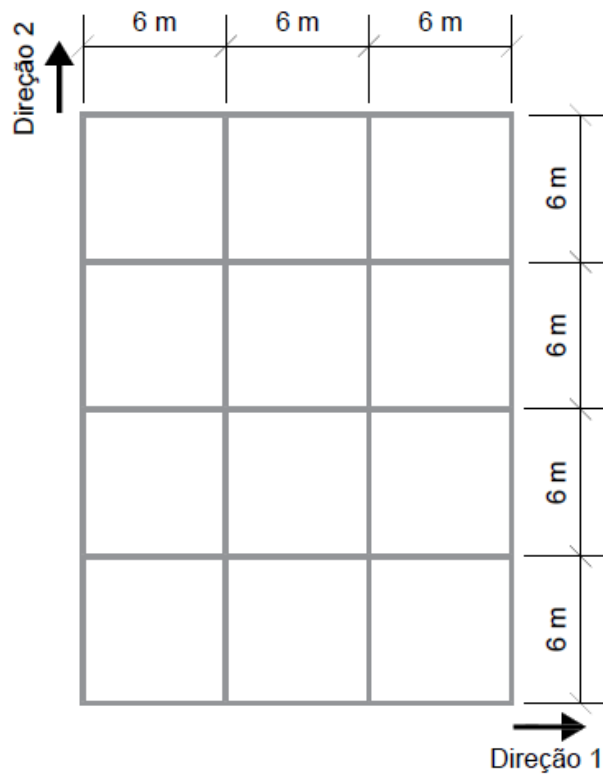


Figura 5-2: Planta baixa da estrutura

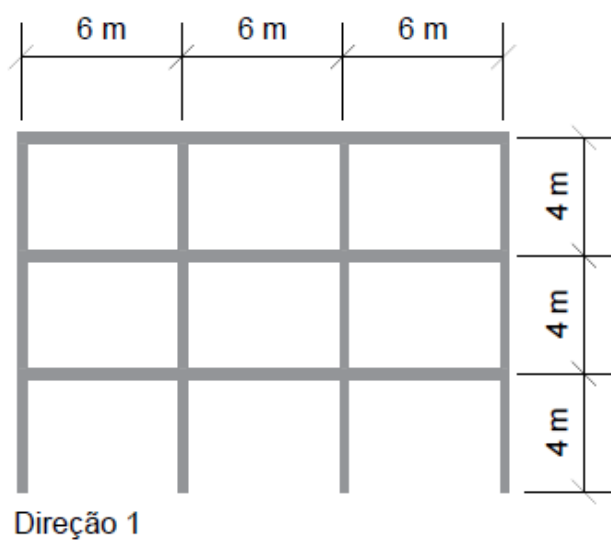


Figura 5-3: Vista da direção 1

5 - Estudo de caso

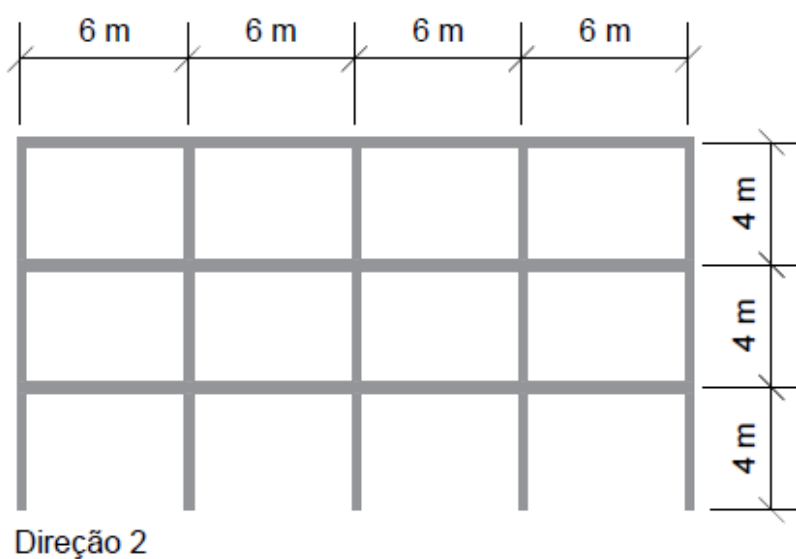


Figura 5-4: Vista da direção 2

As vigas suportam lajes em betão armado de maneira isolada, ou seja, o betão não contribui para a resistência, mas restringe lateralmente as vigas. A secção transversal dos pilares é da série de perfis HEA 300, e as vigas da série de perfis IPE 400, ambos em aço S235. O perfil HEA300, segundo o catálogo ARBED, possui $h = 290$ mm, $b = 300$ mm, $t_f = 8,5$ mm e $t_w = 14$ mm, ver Figura 5-5. Já o perfil IPE 400, pelo mesmo catálogo, possui $h = 400$ mm, $b = 180$ mm, $t_f = 8,6$ mm e $t_w = 13,5$ mm, ver Figura 5-5.

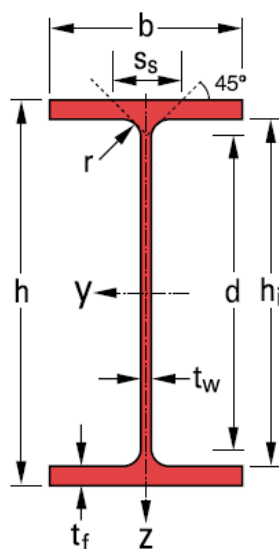


Figura 5-5: Perfil HEA 300 e IPE 400 (ARBED)

Para outras propriedades dos perfis ver o Quadro 5-1.

Quadro 5-1: Propriedades perfis (ARBED)

	HEA 300	IPE 400	
G	88,30	66,3	kg/m
h	290,00	400	mm
b	300,00	180	mm
t _w	8,50	8,6	mm
t _f	14,00	13,5	mm
r	27,00	21	mm
A	112,50	84,46	cm ²
h _i	262,00	373	mm
d	208,00	331	mm
Ø	M27	M22	
p _{min}	118,00	96	mm
p _{max}	198,00	98	mm
A _L	1,72	1,467	m ² /m
A _G	19,43	22,12	m ² /t
G	88,30	66,3	kg/m
I _y	18260,00	23130	cm ⁴
W _{el.y}	1260,00	1156	cm ³
W _{pl.y}	1383,00	1307	cm ³
i _y	12,74	16,55	cm
A _{vz}	37,28	42,69	cm ²
I _z	6310,00	1318	cm ⁴
W _{el.z}	420,60	146,4	cm ³
W _{pl.z}	641,20	229	cm ³
i _z	7,49	3,95	cm
s _s	68,13	60,2	mm
I _t	85,17	51,08	cm ⁴
I _w ×10 ⁻³	1200,00	490	cm ⁶

O estudo tem como objetivo, para o pórtico da estrutura identificado na Figura 5-6 e Figura 5-7 com a cor azul, o estudo de dois elementos, um pilar localizado no terceiro piso, e uma viga localizada no segundo piso, em cor vermelha, na Figura 5-6 e Figura 5-8.

5 - Estudo de caso

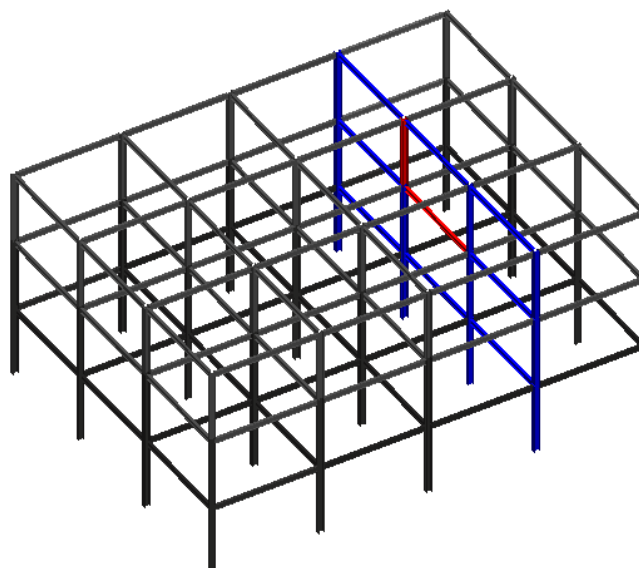


Figura 5-6: Representação 3D dos elementos em estudo – pórtico a azul e elementos a vermelho

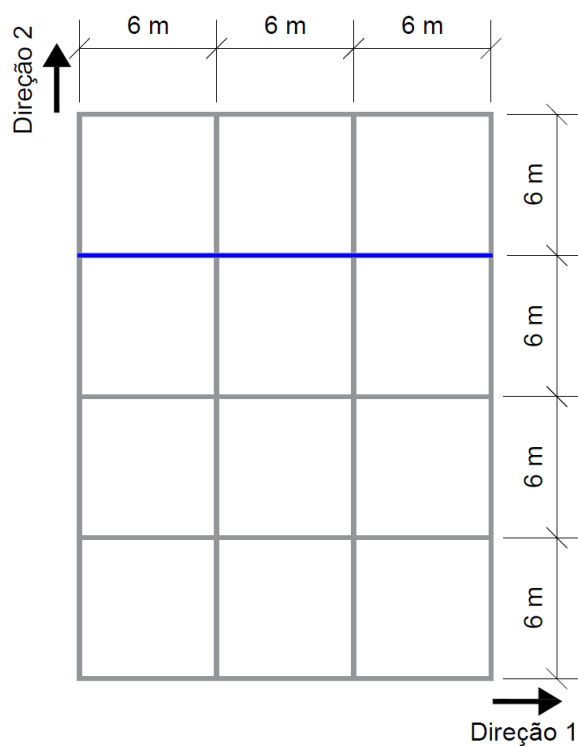


Figura 5-7: Representação em planta do pórtico em estudo

5 - Estudo de caso

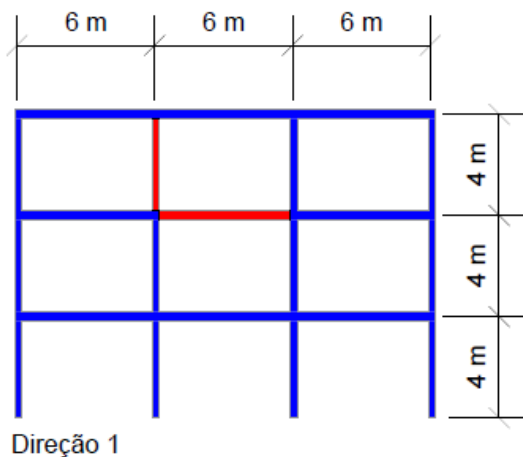


Figura 5-8: Alçado na Direção 1 dos elementos em estudo

A carga permanente é de 8 kN/m^2 , a carga variável de 3 kN/m^2 e a carga de vento, é de 8 kN no primeiro piso e 16 kN no segundo e terceiro pisos. A carga accidental, objeto do estudo, é um incêndio padrão preconizado na norma ISO 834.

Por se tratar de um edifício do tipo III – Administrativos, e conforme o Anexo A Quadro III, por ter uma altura maior do que 9 m e menor do que 28 m , cuja correspondência é a 2ª categoria de risco, sendo assim, conforme o Quadro 2-4, é necessária uma resistência contra o fogo de $R 60$.

Consideram-se três combinações de ações: uma com a carga vento (combinação 1 - horizontal) e outras duas com carga variável (combinação 2 e 3 - vertical) mas em tramos intercalados diferentemente. Os esforços resultantes de cada uma destas combinações apresentam-se na Figura 5-9 a Figura 5-17.

5 - Estudo de caso

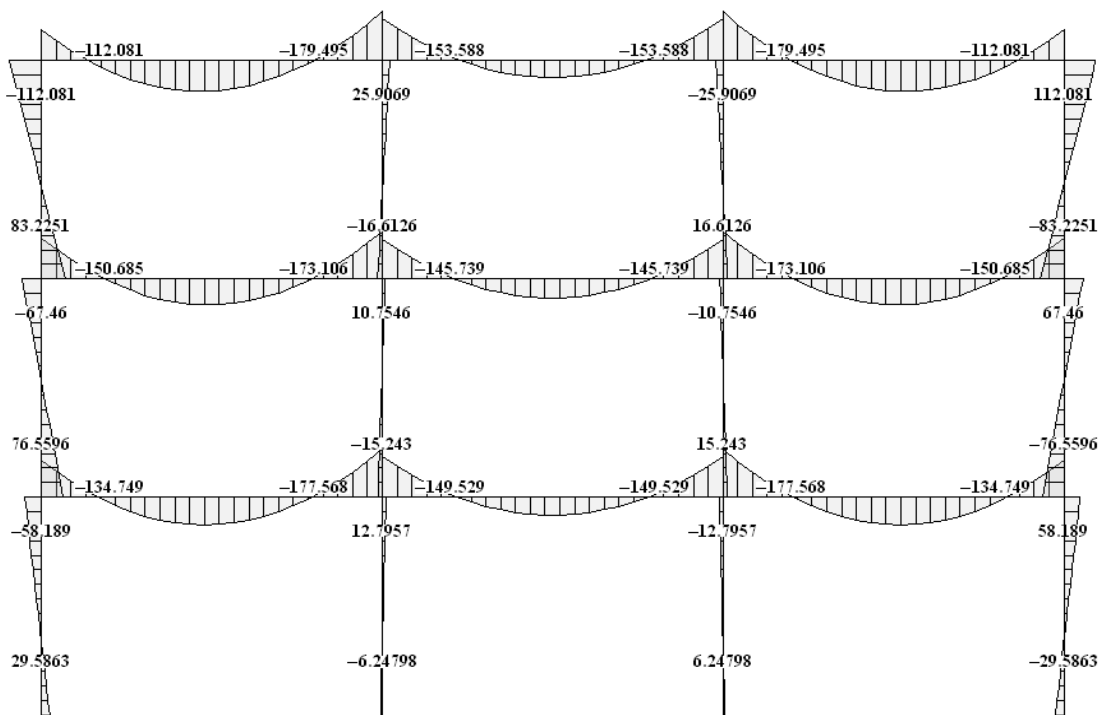


Figura 5-9: Momentos fletores da Combinação 1 (Wolfram Alpha Mathematica, 2021)

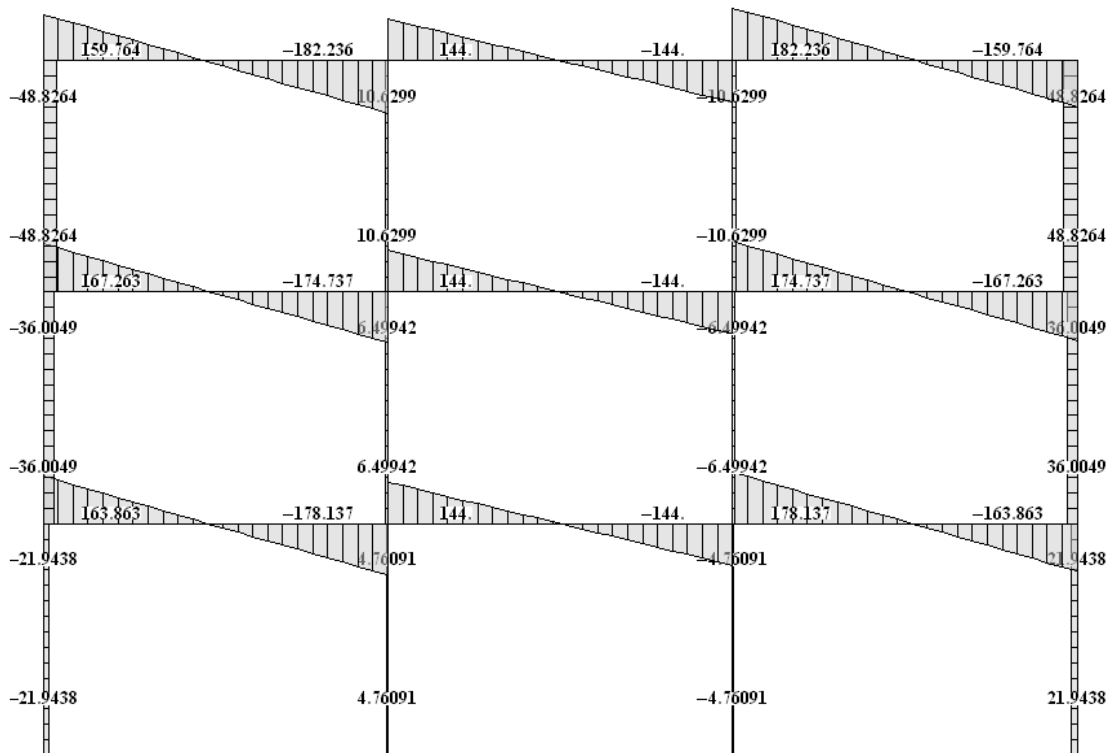


Figura 5-10: Esforços transversos da Combinação 1 (Wolfram Alpha Mathematica, 2021)

5 - Estudo de caso

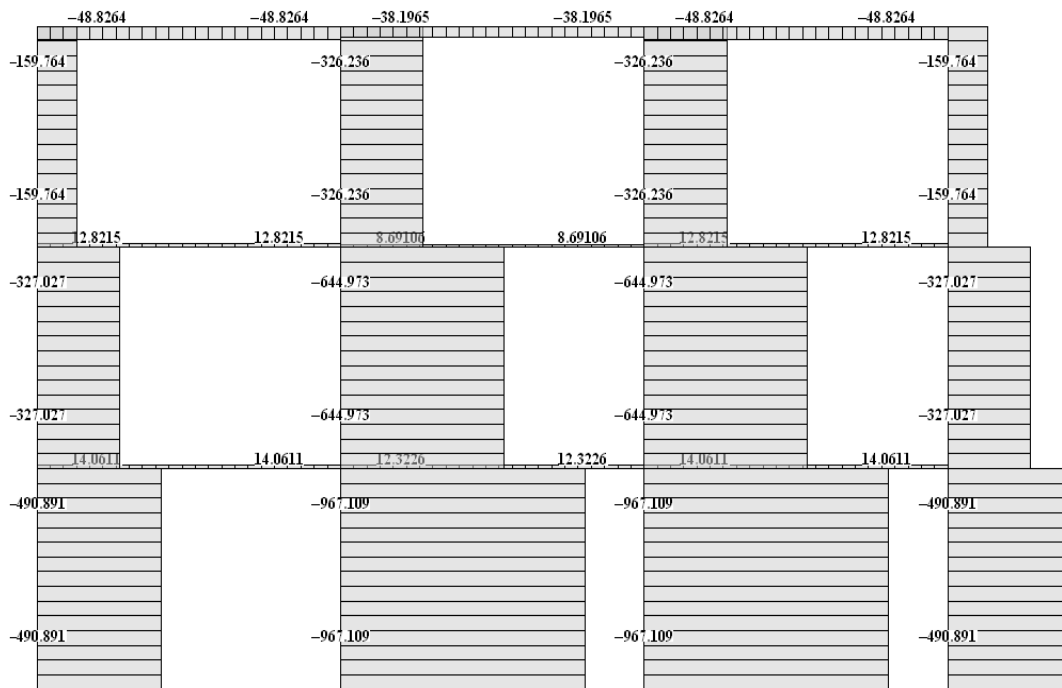


Figura 5-11: Esforços normais da Combinação 1 (Wolfram Alpha Mathematica, 2021)

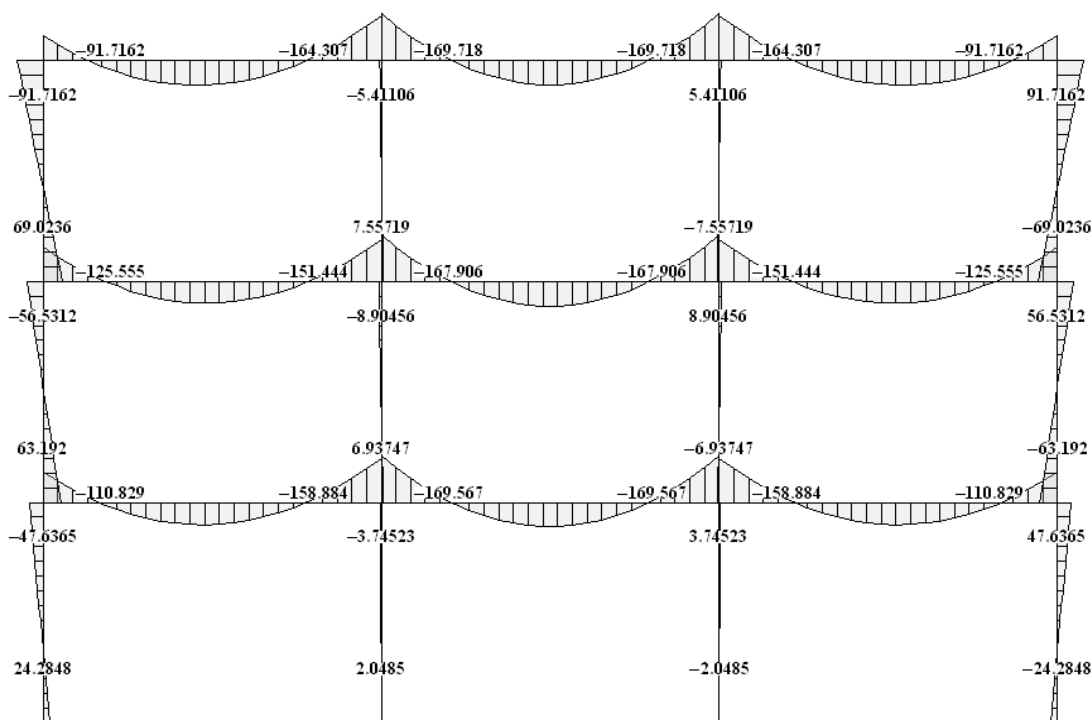


Figura 5-12: Momentos fletores da Combinação 2 (Wolfram Alpha Mathematica, 2021)

5 - Estudo de caso

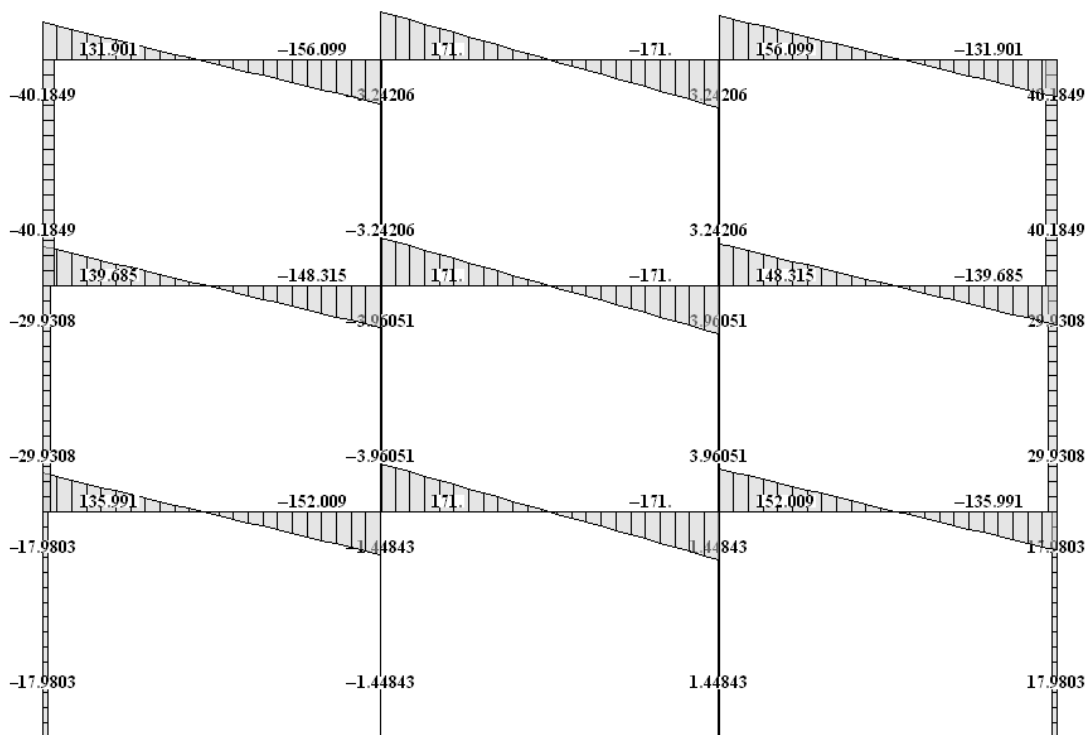


Figura 5-13: Esforços transversos da Combinação 2 (Wolfram Alpha Mathematica, 2021)

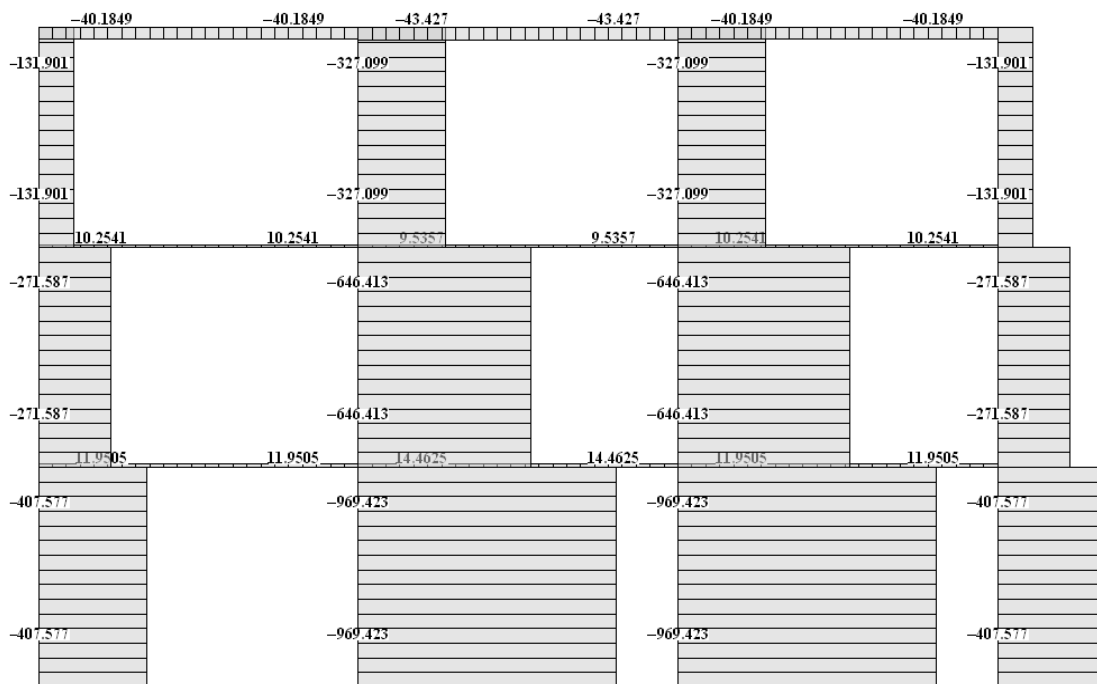


Figura 5-14: Esforços normais da Combinação 2 (Wolfram Alpha Mathematica, 2021)

5 - Estudo de caso

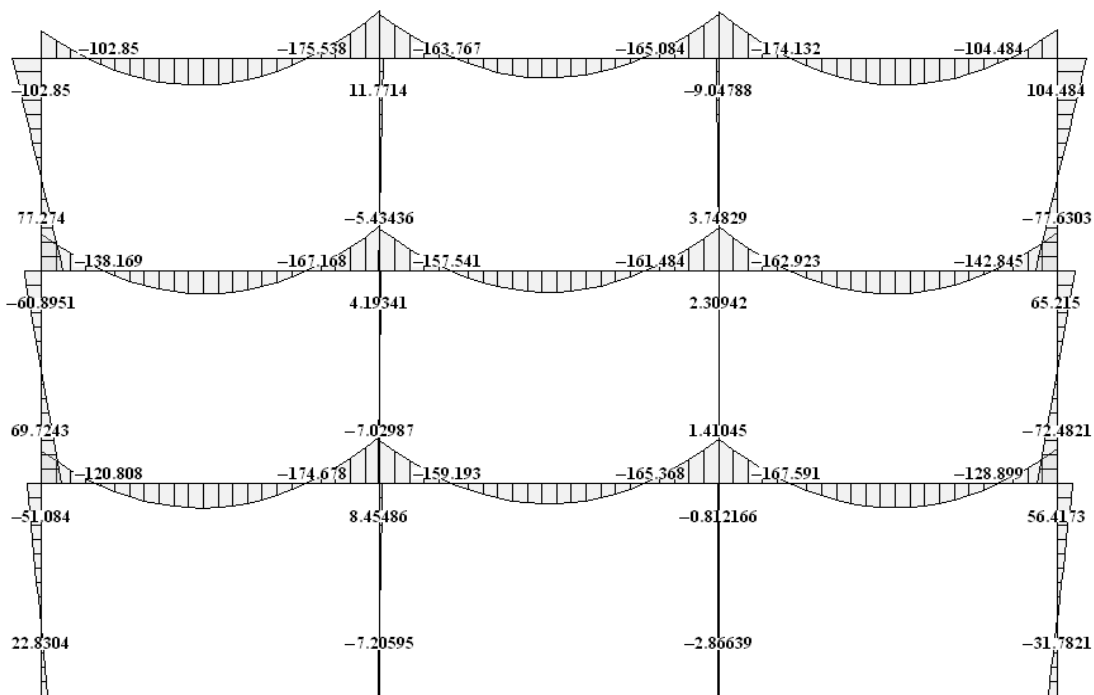


Figura 5-15: Momentos fletores da Combinação 3 (Wolfram Alpha Mathematica, 2021)

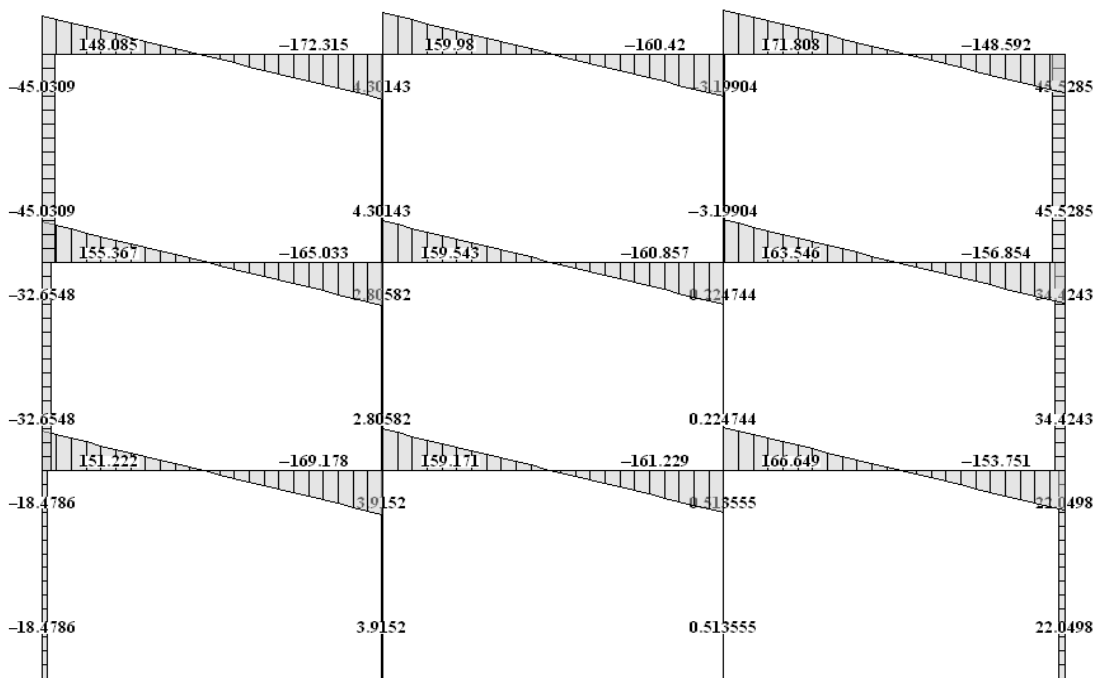


Figura 5-16: Esforços transversos da Combinação 3 (Wolfram Alpha Mathematica, 2021)

5 - Estudo de caso

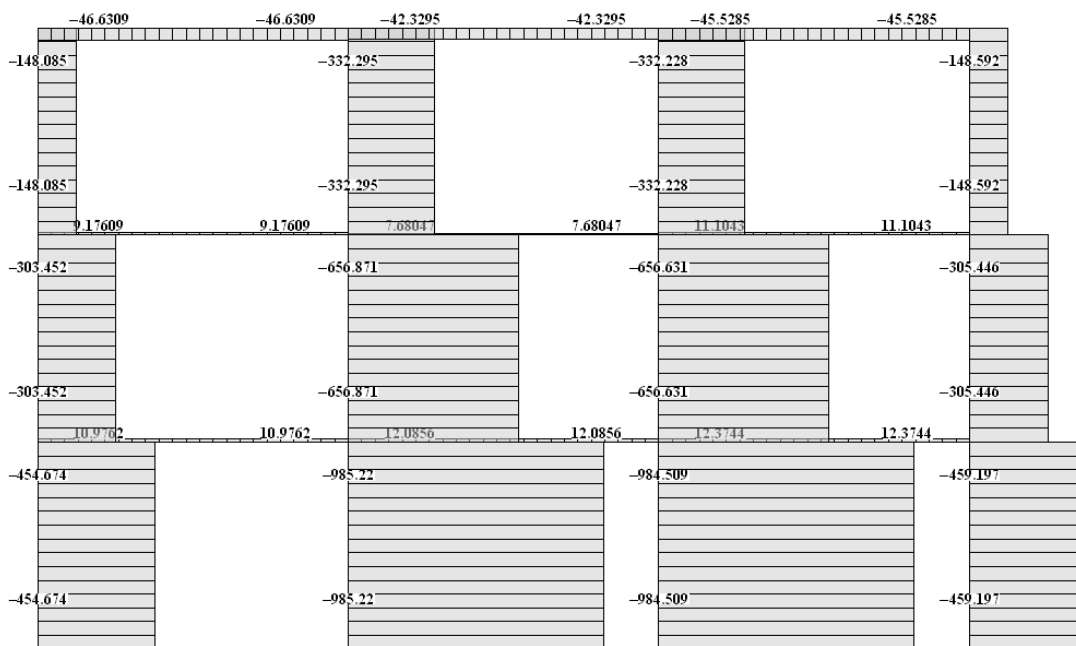


Figura 5-17: Esforços normais da Combinação 3 (Wolfram Alpha Mathematica, 2021)

Das três combinações, os máximos determinados (envolvente dos esforços), os quais serão considerados para os cálculos da resistência ao fogo, apresentam-se no Quadro 5-2, referentes à viga em estudo e no Quadro 5-3 referentes ao pilar em estudo.

Quadro 5-2: Esforços na viga

	Normal - esquerda (kN)	Normal - direita (kN)	Transverso - esquerda (kN)	Transverso - direita (kN)	Momento - esquerda (kN.m)	Momento - direita (kN.m)	Momento - meio do vão (kN.m)
Combinação 1	8,7	8,7	144	144	145,7	145,7	70,26
Combinação 2	9,5	9,5	171	171	167,9	167,9	88,6
Combinação 3	7,7	7,7	159,5	160,9	157,5	161,5	80,78
Máximos	9,5	9,5	171	171	167,9	167,9	88,6

Quadro 5-3: Esforços no pilar

	Normal - inferior (kN)	Normal - superior (kN)	Transverso - inferior (kN)	Transverso - superior (kN)	Momento - inferior (kN.m)	Momento - superior (kN.m)
Combinação 1	-326,2	-326,2	10,6	10,6	-16,6	25,9
Combinação 2	-327,1	-327,1	-3,2	-3,2	7,6	-5,4
Combinação 3	-332,3	-332,3	4,3	4,3	-5,43	11,77
Máximos	-332,3	-332,3	10,6	10,6	-16,6	25,9

5.2 Estudo da viga

5.2.1 Classificação da secção transversal

Sendo a viga constituída por um perfil IPE400 e restringida, a classificação da secção transversal apresenta-se a seguir. Aplicando-se a Equação 4-2, com a tensão de cedência do aço a 20 °C em aço S235, obtém-se $\epsilon=0,85$.

5 - Estudo de caso

Analisando os componentes da secção aba e alma e aplicando as equações das tabelas apresentadas na Figura 4-2 (Alma) e na Figura 4-1 (Aba), determinam-se os valores expostos no Quadro 5-4.

Quadro 5-4: Classificação da secção IPE 400

Classificação secção transversal viga		
Aba em compressão		$c/t < 9\varepsilon$
$c/t=$	4,79	
$9\varepsilon=$	7,65	
Alma em flexão		$c/t < 72\varepsilon$
$c/t=$	38,49	
$72\varepsilon=$	61,2	

Sendo assim a secção da viga é de Classe 1.

5.2.2 Resistência do elemento sem proteção com relação ao momento fletor

Considerando a Equação 4-18, tem-se o valor do momento resistente para 20°C, como se observa no Quadro 5-5.

Quadro 5-5: Momento resistente a meio vão

Momento resistente - $M_{fi,\theta,Rd}$	
$M_{fi,\theta,Rd}$	307,15 kN.m
$k_{y,\theta}$	1,00
W_{pl}	1307 cm ²
f_y	235 Mpa

O grau de utilização, conforme a Equação 4-3, será o valor do momento fletor atuante a meio vão, que é de 88,60 kNm, dividido pelo momento resistente determinado, resultando num grau de utilização (μ_0) igual a 0,2884.

Com este valor é possível definir a temperatura crítica, dada pela Equação 4-4, que resulta no valor de 669,70 °C.

Já para o momento fletor nos apoios, o grau de utilização, conforme a Equação 4-3, é o valor do momento fletor atuante nos apoios, que é de 167,90 kNm, dividido pelo momento resistente determinado anteriormente, resultando num grau de utilização (μ_0) igual a 0,5466. Com este valor é possível definir a temperatura crítica nos apoios, dada pela Equação 4-4, a qual tem o valor de 570,10 °C.

Assim, levando em conta o menor valor de entre as duas temperaturas críticas, ou seja 570,10 °C, é possível comparar a temperatura crítica com o tempo necessário para a atingir, por meio da Equação 4-5, com os valores apresentados no Quadro 5-6.

Quadro 5-6: Valores para a equação do aumento de temperatura no elemento sem proteção

Aumento da temperatura	
Am/V	152,35 m ⁻¹
$[Am/V]_b$	116,03 m ⁻¹
k_{sh}	0,685

Por um processo incremental, com intervalos de tempo de 5 segundos, para a Equação 4-5, podem ser observados os valores resultantes no Quadro 5-7.

Quadro 5-7: Aumento da temperatura em função do tempo considerando o momento fletor na viga sem proteção

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	θ_g	$\dot{h}_{net,c}$	$\dot{h}_{net,r}$	\dot{h}_{net}	$\Delta\theta_{a,t}$
1,000	20,000	5,000	439,802	96,538	1913,445	447,627	2361,073	0,357
2,000	20,357	10,000	440,054	146,952	3164,875	940,522	4105,397	0,620
3,000	20,977	15,000	440,492	184,607	4090,737	1443,968	5534,705	0,836
4,000	21,813	20,000	441,080	214,674	4821,519	1945,082	6766,601	1,020
5,000	22,833	25,000	441,795	239,704	5421,766	2438,504	7860,270	1,183
6,000	24,016	30,000	442,620	261,145	5928,214	2921,961	8850,175	1,330
7,000	25,346	35,000	443,543	279,898	6363,809	3394,582	9758,391	1,463
8,000	26,809	40,000	444,551	296,563	6743,862	3856,178	10600,040	1,586
9,000	28,394	45,000	445,637	311,559	7079,114	4306,898	11386,012	1,699
10,000	30,093	50,000	446,792	325,189	7377,400	4747,056	12124,456	1,805
...								
170,000	550,710	850,000	708,938	730,070	4483,993	21907,913	26391,906	2,476
171,000	553,185	855,000	711,256	730,941	4443,883	21827,030	26270,914	2,456
172,000	555,642	860,000	713,580	731,807	4404,132	21745,460	26149,592	2,437
173,000	558,078	865,000	715,909	732,668	4364,739	21663,232	26027,972	2,418
174,000	560,496	870,000	718,244	733,524	4325,704	21580,380	25906,084	2,398
175,000	562,894	875,000	720,585	734,375	4287,026	21496,933	25783,959	2,379
176,000	565,274	880,000	722,930	735,222	4248,704	21412,921	25661,625	2,360
177,000	567,634	885,000	725,279	736,064	4210,737	21328,375	25539,113	2,342
178,000	569,976	890,000	727,633	736,901	4173,125	21243,325	25416,450	2,323
179,000	572,299	895,000	729,991	737,733	4135,866	21157,797	25293,664	2,304

Observa-se que após 895 segundos (15 minutos) foi atingida a temperatura crítica, o que é inferior ao R 60 necessário, sendo assim, deve-se utilizar uma proteção passiva contra o fogo no elemento viga.

5.2.3 Resistência ao fogo do elemento com proteção

Para o estudo foram consideradas somente as proteções que possuíam em seu catálogo pelo menos duas das três características do material necessárias para os

5 - Estudo de caso

dimensionamentos. A característica faltante, calor específico da proteção, indicada em cinza nos quadros adiante, foram retiradas, com base no material constituinte da proteção, do anexo A-6 de Franssen e Real (2010). Considera-se a viga protegida em três lados.

5.2.3.1 Considerando o momento fletor

O dimensionamento das proteções será feito levando em conta o menor valor de entre as duas temperaturas críticas, ou seja 570,10 °C, de forma a viga ficar com apenas uma espessura de proteção em todo o seu comprimento.

5.2.3.2 Painéis corta-fogo

5.2.3.2.1 Exuvent Tecbor

A proteção do painel corta-fogo Exuvent Tecbor, com as características apresentadas no Quadro 5-8, por um processo iterativo, com intervalos de tempo de 5 segundos, através da Equação 4-16.

Quadro 5-8: Características Exuvent Tecbor.

Exuvent tecbor	
Fator massividade aço isolado A_p/V	116 l/m
Tempo Δt	5 segundos
Tempo Requerido	60 minutos
Condutibilidade Térmica λ_p	0,31 W/m°C
Calor específico proteção c_p	1700 J/kg K
Massa específica proteção ρ_p	925 kg/m ³

Inicialmente foi testada a espessura de 5 mm, que é a menor espessura indicada no catálogo, como se observa no Quadro 5-9.

Quadro 5-9: Exuvent tecbor – Viga - 5 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1	20,0	5,0	439,802	96,538	76,538	0,264	0,000
2	20,0	10,0	439,802	146,952	50,414	0,264	0,000
3	20,0	15,0	439,802	184,607	37,655	0,264	0,568
4	20,6	20,0	440,203	214,674	30,067	0,264	1,052
5	21,6	25,0	440,945	239,704	25,030	0,263	1,414
...							
716	864,3	3580,0	678,708	944,507	0,209	0,171	0,509
717	864,8	3585,0	678,200	944,716	0,209	0,171	0,507
718	865,3	3590,0	677,697	944,924	0,208	0,171	0,506
719	865,8	3595,0	677,199	945,132	0,208	0,172	0,504
720	866,3	3600,0	676,706	945,340	0,208	0,172	0,502
721	866,8	3605,0					

Após 60 minutos, a temperatura crítica já foi atingida, sendo assim a espessura de 5 mm não é suficiente para garantir a proteção R 60 requerida. Novas espessuras indicadas

5 - Estudo de caso

no catálogo foram testadas, os resultados de 15 mm de espessura são apresentados no Quadro 5-10 e de 20 mm no Quadro 5-11.

Quadro 5-10: Exuvent tecbor – Viga - 15 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1	20,0	5,0	439,802	96,538	76,538	0,793	0,000
2	20,0	10,0	439,802	146,952	50,414	0,793	0,000
3	20,0	15,0	439,802	184,607	37,655	0,793	0,000
4	20,0	20,0	439,802	214,674	30,067	0,793	0,000
5	20,0	25,0	439,802	239,704	25,030	0,793	0,000
...							
716	640,6	3580,0	799,529	944,507	0,209	0,436	0,497
717	641,1	3585,0	800,215	944,716	0,209	0,436	0,497
718	641,6	3590,0	800,906	944,924	0,208	0,435	0,496
719	642,1	3595,0	801,604	945,132	0,208	0,435	0,495
720	642,6	3600,0	802,307	945,340	0,208	0,434	0,494
721	643,1	3605,0					

Quadro 5-11: Exuvent tecbor – Viga - 20 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1	20,0	5,0	439,802	96,538	76,538	1,057	0,000
2	20,0	10,0	439,802	146,952	50,414	1,057	0,000
3	20,0	15,0	439,802	184,607	37,655	1,057	0,000
4	20,0	20,0	439,802	214,674	30,067	1,057	0,000
5	20,0	25,0	439,802	239,704	25,030	1,057	0,000
...							
716	542,6	3580,0	701,494	944,507	0,209	0,662	0,523
717	543,1	3585,0	701,965	944,716	0,209	0,662	0,522
718	543,6	3590,0	702,437	944,924	0,208	0,662	0,522
719	544,1	3595,0	702,909	945,132	0,208	0,661	0,521
720	544,7	3600,0	703,381	945,340	0,208	0,661	0,520
721	545,2	3605,0					

Com 15 mm de espessura de proteção a temperatura crítica é atingida antes dos 60 minutos, já com 20 mm de espessura aos 60 minutos a temperatura ainda é inferior à temperatura crítica, sendo assim 20 mm é uma espessura suficiente para proteção do elemento.

Entretanto, menores espessuras que não são apresentadas no catálogo foram testadas, de forma a observar a espessura mínima necessária. No Quadro 5-12 e Quadro 5-13, respectivamente as espessuras de proteção de 18 e 19 mm.

5 - Estudo de caso

Quadro 5-12: Exuvent tecbor – Viga - 18 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1	20,0	5,0	439,802	96,538	76,538	0,951	0,000
2	20,0	10,0	439,802	146,952	50,414	0,951	0,000
3	20,0	15,0	439,802	184,607	37,655	0,951	0,000
4	20,0	20,0	439,802	214,674	30,067	0,951	0,000
5	20,0	25,0	439,802	239,704	25,030	0,951	0,000
...							
716	580,4	3580,0	738,370	944,507	0,209	0,566	0,516
717	580,9	3585,0	738,914	944,716	0,209	0,566	0,515
718	581,4	3590,0	739,459	944,924	0,208	0,566	0,514
719	581,9	3595,0	740,004	945,132	0,208	0,565	0,513
720	582,4	3600,0	740,550	945,340	0,208	0,565	0,513
721	582,9	3605,0					

Quadro 5-13: Exuvent tecbor – Viga - 19 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1,000	20,000	5,000	439,802	96,538	76,538	1,004	0,000
2,000	20,000	10,000	439,802	146,952	50,414	1,004	0,000
3,000	20,000	15,000	439,802	184,607	37,655	1,004	0,000
4,000	20,000	20,000	439,802	214,674	30,067	1,004	0,000
5,000	20,000	25,000	439,802	239,704	25,030	1,004	0,000
...							
716,000	561,248	3580,000	718,976	944,507	0,209	0,614	0,520
717,000	561,768	3585,000	719,483	944,716	0,209	0,614	0,519
718,000	562,288	3590,000	719,991	944,924	0,208	0,613	0,519
719,000	562,807	3595,000	720,499	945,132	0,208	0,613	0,518
720,000	563,325	3600,000	721,007	945,340	0,208	0,612	0,517
721,000	563,842	3605,000					

Analisando os quadros observa-se que a espessura de 18 mm é insuficiente, já com 19 mm de espessura a temperatura crítica não é atingida, sendo esta a espessura mínima de proteção necessária de forma a garantir um R 60.

5.2.3.2.2 Fireboard GM F K751 - Knauf

Utilizando o painel corta-fogo Fireboard GM F K751, com as características apresentadas no Quadro 5-14, por um processo incremental, com intervalos de tempo de 5 segundos, através da Equação 4-16.

5 - Estudo de caso

Quadro 5-14: Características Fireboard GM F K751.

Fireboard GM F K751 - Knauf	
Fator massividade aço isolado A_p/V	116 l/m
Tempo Δt	5 segundos
Tempo Requerido	60 minutos
Condutibilidade Térmica λ_p	0,23 W/m°C
Calor específico proteção c_p	1700 J/kg K
Massa específica proteção ρ_p	780 kg/m ³

Inicialmente foi testada a espessura de 12,5 mm, que é a menor espessura indicada no catálogo, como se observa no Quadro 5-15.

Quadro 5-15: Fireboard GM F K751 – Viga - 12,5 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1	20,0	5,0	439,802	96,538	76,538	0,557	0,000
2	20,0	10,0	439,802	146,952	50,414	0,557	0,000
3	20,0	15,0	439,802	184,607	37,655	0,557	0,000
4	20,0	20,0	439,802	214,674	30,067	0,557	0,000
5	20,0	25,0	439,802	239,704	25,030	0,557	0,000
...							
716	626,1	3580,0	782,197	944,507	0,209	0,313	0,494
717	626,6	3585,0	782,713	944,716	0,209	0,313	0,494
718	627,1	3590,0	783,233	944,924	0,208	0,313	0,493
719	627,6	3595,0	783,756	945,132	0,208	0,313	0,492
720	628,1	3600,0	784,283	945,340	0,208	0,312	0,492
721	628,6	3605,0					

Após 60 minutos, a temperatura crítica já foi atingida, sendo assim a espessura de 12,5 mm não é suficiente para garantir a proteção de R 60 requerida.

Outras espessuras apresentadas em catálogo foram testadas. No Quadro 5-16 e no Quadro 5-17 têm-se os próximos valores de espessuras indicados em catálogo que são de 15 e 20 mm.

5 - Estudo de caso

Quadro 5-16: Fireboard GM F K751 – Viga - 15 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1	20,0	5,0	439,802	96,538	76,538	0,668	0,000
2	20,0	10,0	439,802	146,952	50,414	0,668	0,000
3	20,0	15,0	439,802	184,607	37,655	0,668	0,000
4	20,0	20,0	439,802	214,674	30,067	0,668	0,000
5	20,0	25,0	439,802	239,704	25,030	0,668	0,000
...							
716	569,1	3580,0	726,708	944,507	0,209	0,404	0,507
717	569,6	3585,0	727,219	944,716	0,209	0,404	0,506
718	570,1	3590,0	727,730	944,924	0,208	0,404	0,506
719	570,6	3595,0	728,241	945,132	0,208	0,404	0,505
720	571,1	3600,0	728,753	945,340	0,208	0,403	0,504
721	571,6	3605,0					

Quadro 5-17: Fireboard GM F K751 – Viga - 20 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1,000	20,000	5,000	439,802	96,538	76,538	0,891	0,000
2,000	20,000	10,000	439,802	146,952	50,414	0,891	0,000
3,000	20,000	15,000	439,802	184,607	37,655	0,891	0,000
4,000	20,000	20,000	439,802	214,674	30,067	0,891	0,000
5,000	20,000	25,000	439,802	239,704	25,030	0,891	0,000
...							
716,000	469,642	3580,000	645,242	944,507	0,209	0,607	0,507
717,000	470,149	3585,000	645,574	944,716	0,209	0,607	0,506
718,000	470,656	3590,000	645,907	944,924	0,208	0,607	0,506
719,000	471,162	3595,000	646,240	945,132	0,208	0,606	0,505
720,000	471,667	3600,000	646,573	945,340	0,208	0,606	0,505
721,000	472,172	3605,000					

Observa-se que com 15 mm de proteção a temperatura crítica é atingida antes dos 60 minutos de resistência necessários, sendo assim não é suficiente. Já com 20 mm o tempo de resistência é satisfeito.

Entretanto, menores espessuras que não são apresentadas no catálogo foram testadas, de forma a observar a espessura mínima necessária. No Quadro 5-18 a espessura de proteção é de 16 mm.

5 - Estudo de caso

Quadro 5-18: Fireboard GM F K751 – Viga - 16 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1,000	20,000	5,000	439,802	96,538	76,538	0,713	0,000
2,000	20,000	10,000	439,802	146,952	50,414	0,713	0,000
3,000	20,000	15,000	439,802	184,607	37,655	0,713	0,000
4,000	20,000	20,000	439,802	214,674	30,067	0,713	0,000
5,000	20,000	25,000	439,802	239,704	25,030	0,713	0,000
...							
716,000	547,650	3580,000	706,106	944,507	0,209	0,444	0,510
717,000	548,161	3585,000	706,576	944,716	0,209	0,444	0,510
718,000	548,670	3590,000	707,046	944,924	0,208	0,443	0,509
719,000	549,180	3595,000	707,517	945,132	0,208	0,443	0,508
720,000	549,688	3600,000	707,988	945,340	0,208	0,443	0,508
721,000	550,196	3605,000					

Observa-se que a espessura de 16 mm é suficiente, sendo esta a espessura mínima de proteção necessária de forma a garantir um R 60.

5.2.3.3 Argamassas projetadas

5.2.3.3.1 Tria Promospay F250

Utilizando a argamassa projetada Tria Promospray F250, com as características apresentadas no Quadro 5-19, por um processo incremental, com intervalos de tempo de 5 segundos, através da Equação 4-16.

Quadro 5-19: Características Tria Promospray F250.

Tria Promospray F250	
Fator massividade aço isolado λ_p/v	152,35 1/m
Tempo Δt	5 segundos
Tempo Requerido	60 minutos
Condutibilidade Térmica λ_p	0,05 W/m°C
Calor específico proteção c_p	1200 J/kg K
Massa específica proteção ρ_p	215 kg/m³

Inicialmente foi testada a espessura de 18 mm, que é recomendada no catálogo para a massividade de 152,35 m⁻¹, como se observa no Quadro 5-20.

5 - Estudo de caso

Quadro 5-20: Tria Promospray F250 – Viga - 18 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1	20,0	5,0	439,802	96,538	76,538	0,205	0,000
2	20,0	10,0	439,802	146,952	50,414	0,205	0,000
3	20,0	15,0	439,802	184,607	37,655	0,205	0,000
4	20,0	20,0	439,802	214,674	30,067	0,205	0,000
5	20,0	25,0	439,802	239,704	25,030	0,205	0,000
...							
716	250,3	3580,0	547,423	944,507	0,209	0,165	0,321
717	250,6	3585,0	547,533	944,716	0,209	0,165	0,320
718	251,0	3590,0	547,643	944,924	0,208	0,165	0,320
719	251,3	3595,0	547,754	945,132	0,208	0,165	0,320
720	251,6	3600,0	547,864	945,340	0,208	0,165	0,320
721	251,9	3605,0					

Após 60 minutos, a temperatura crítica ainda não foi atingida, sendo assim a espessura de 18 mm é suficiente para garantir a proteção de R 60 requerida.

Entretanto, menores espessuras foram testadas, de forma a observar a espessura mínima necessária. No Quadro 5-21 e no Quadro 5-22, mostram-se respectivamente as espessuras de proteção de 5 e 6 mm.

Quadro 5-21: Tria Promospray F250 – Viga - 5 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1	20,0	5,0	439,802	96,538	76,538	0,057	0,000
2	20,0	10,0	439,802	146,952	50,414	0,057	0,000
3	20,0	15,0	439,802	184,607	37,655	0,057	0,141
4	20,1	20,0	439,902	214,674	30,067	0,057	0,250
5	20,4	25,0	440,078	239,704	25,030	0,057	0,332
...							
716	575,9	3580,0	733,706	944,507	0,209	0,034	0,481
717	576,4	3585,0	734,204	944,716	0,209	0,034	0,481
718	576,9	3590,0	734,704	944,924	0,208	0,034	0,480
719	577,4	3595,0	735,203	945,132	0,208	0,034	0,479
720	577,8	3600,0	735,703	945,340	0,208	0,034	0,479
721	578,3	3605,0					

5 - Estudo de caso

Quadro 5-22: Tria Promospray F250 – Viga - 6 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1,000	20,000	5,000	439,802	96,538	76,538	0,068	0,000
2,000	20,000	10,000	439,802	146,952	50,414	0,068	0,000
3,000	20,000	15,000	439,802	184,607	37,655	0,068	0,038
4,000	20,038	20,000	439,829	214,674	30,067	0,068	0,144
5,000	20,182	25,000	439,930	239,704	25,030	0,068	0,223
...							
716,000	526,867	3580,000	687,823	944,507	0,209	0,044	0,483
717,000	527,350	3585,000	688,230	944,716	0,209	0,044	0,482
718,000	527,832	3590,000	688,637	944,924	0,208	0,044	0,482
719,000	528,314	3595,000	689,044	945,132	0,208	0,044	0,481
720,000	528,795	3600,000	689,452	945,340	0,208	0,044	0,481
721,000	529,276	3605,000					

Observa-se que com 5 mm de proteção a temperatura crítica é atingida antes dos 60 minutos de resistência necessários. No entanto, com 6 mm de proteção, aos 60 minutos ainda está a uma temperatura menor do que 570,10 °C. Sendo assim, a espessura mínima necessária desta proteção é de 6 mm.

5.2.3.3.2 Biofire - Tria

Utilizando a argamassa projetada Biofire - Tria, com as características apresentadas no Quadro 5-23, por um processo incremental, com intervalos de tempo de 5 segundos, através da Equação 4-16.

Quadro 5-23: Características Biofire - Tria.

Biofire - Tria	
Fator massividade aço isolado A_p/v	152,35 1/m
Tempo Δt	5 segundos
Tempo Requerido	60 minutos
Condutibilidade Térmica λ_p	0,122 W/m°C
Calor específico proteção c_p	1200 J/kg K
Massa específica proteção ρ_p	680 kg/m³

Inicialmente foi testada a espessura de 17 mm, que é recomendada no catálogo para a massividade indicada, como se observa no Quadro 5-24.

5 - Estudo de caso

Quadro 5-24: Biofire - Tria - Viga - 17mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1	20,0	5,0	439,802	96,538	76,538	0,612	0,000
2	20,0	10,0	439,802	146,952	50,414	0,612	0,000
3	20,0	15,0	439,802	184,607	37,655	0,612	0,000
4	20,0	20,0	439,802	214,674	30,067	0,612	0,000
5	20,0	25,0	439,802	239,704	25,030	0,612	0,000
...							
716	437,6	3580,0	625,671	944,507	0,209	0,430	0,484
717	438,1	3585,0	625,947	944,716	0,209	0,430	0,484
718	438,6	3590,0	626,224	944,924	0,208	0,430	0,483
719	439,1	3595,0	626,500	945,132	0,208	0,430	0,483
720	439,5	3600,0	626,777	945,340	0,208	0,430	0,482
721	440,0	3605,0					

Após 60 minutos a temperatura crítica ainda não foi atingida e sendo assim, a espessura de 17 mm é suficiente para garantir a proteção de R 60 requerida.

Entretanto, menores espessuras foram testadas, de forma a observar a espessura mínima necessária. No Quadro 5-25 e no Quadro 5-26, mostram-se, respectivamente, as espessuras de proteção de 11 e 12 mm.

Quadro 5-25: Biofire - Tria – Viga 11 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1	20,0	5,0	439,802	96,538	76,538	0,396	0,000
2	20,0	10,0	439,802	146,952	50,414	0,396	0,000
3	20,0	15,0	439,802	184,607	37,655	0,396	0,000
4	20,0	20,0	439,802	214,674	30,067	0,396	0,000
5	20,0	25,0	439,802	239,704	25,030	0,396	0,000
...							
716	576,1	3580,0	733,849	944,507	0,209	0,237	0,496
717	576,5	3585,0	734,363	944,716	0,209	0,237	0,495
718	577,0	3590,0	734,877	944,924	0,208	0,237	0,494
719	577,5	3595,0	735,392	945,132	0,208	0,237	0,494
720	578,0	3600,0	735,907	945,340	0,208	0,237	0,493
721	578,5	3605,0					

5 - Estudo de caso

Quadro 5-26: Biofire - Tria – Viga - 12 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1,000	20,000	5,000	439,802	96,538	76,538	0,432	0,000
2,000	20,000	10,000	439,802	146,952	50,414	0,432	0,000
3,000	20,000	15,000	439,802	184,607	37,655	0,432	0,000
4,000	20,000	20,000	439,802	214,674	30,067	0,432	0,000
5,000	20,000	25,000	439,802	239,704	25,030	0,432	0,000
...							
716,000	549,584	3580,000	707,892	944,507	0,209	0,268	0,499
717,000	550,083	3585,000	708,355	944,716	0,209	0,268	0,499
718,000	550,582	3590,000	708,819	944,924	0,208	0,268	0,498
719,000	551,080	3595,000	709,283	945,132	0,208	0,268	0,498
720,000	551,578	3600,000	709,748	945,340	0,208	0,268	0,497
721,000	552,075	3605,000					

Observa-se que com 11 mm de proteção a temperatura crítica é atingida antes dos 60 minutos de resistência necessários. Com 12 mm de proteção, aos 60 minutos apresenta uma temperatura menor do que 570,10°C. Sendo assim, a espessura mínima necessária desta proteção é de 12 mm.

5.2.3.3.3 Biofire Plus - Tria

Utilizando a argamassa projetada Biofire Plus - Tria, com as características apresentadas no Quadro 5-27, por um processo incremental, com intervalos de tempo de 5 segundos e através da Equação 4-16.

Quadro 5-27: Características Biofire Plus - Tria.

Biofire Plus - Tria	
Fator massividade aço isolado A_p/V	152,35 1/m
Tempo Δt	5 segundos
Tempo Requerido	60 minutos
Condutibilidade Térmica λ_p	0,087 W/m°C
Calor específico proteção c_p	1100 J/kg K
Massa específica proteção ρ_p	350 kg/m ³

Inicialmente foi testada a espessura de 10 mm, que é recomendada no catálogo para a massividade indicada, como se observa no Quadro 5-28.

5 - Estudo de caso

Quadro 5-28: Biofire Plus- Tria – Viga - 10 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1	20,0	5,0	439,802	96,538	76,538	0,170	0,000
2	20,0	10,0	439,802	146,952	50,414	0,170	0,000
3	20,0	15,0	439,802	184,607	37,655	0,170	0,000
4	20,0	20,0	439,802	214,674	30,067	0,170	0,000
5	20,0	25,0	439,802	239,704	25,030	0,170	0,000
...							
716	529,4	3580,0	689,934	944,507	0,209	0,108	0,488
717	529,9	3585,0	690,349	944,716	0,209	0,108	0,487
718	530,3	3590,0	690,765	944,924	0,208	0,108	0,487
719	530,8	3595,0	691,181	945,132	0,208	0,108	0,486
720	531,3	3600,0	691,597	945,340	0,208	0,108	0,486
721	531,8	3605,0					

Após 60 minutos, a temperatura crítica ainda não foi atingida, sendo assim a espessura de 10 mm é suficiente para garantir a proteção de R 60 requerida.

No entanto, menores espessuras foram testadas, de forma a observar a espessura mínima necessária. No Quadro 5-29 e no Quadro 5-30, mostram-se, respectivamente, as espessuras de proteção de 8 mm e 9 mm.

Quadro 5-29: Biofire Plus- Tria – Viga - 8 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1	20,0	5,0	439,802	96,538	76,538	0,136	0,000
2	20,0	10,0	439,802	146,952	50,414	0,136	0,000
3	20,0	15,0	439,802	184,607	37,655	0,136	0,000
4	20,0	20,0	439,802	214,674	30,067	0,136	0,035
5	20,0	25,0	439,827	239,704	25,030	0,136	0,162
...							
716	591,3	3580,0	750,116	944,507	0,209	0,080	0,482
717	591,7	3585,0	750,648	944,716	0,209	0,080	0,482
718	592,2	3590,0	751,181	944,924	0,208	0,080	0,481
719	592,7	3595,0	751,714	945,132	0,208	0,080	0,480
720	593,2	3600,0	752,248	945,340	0,208	0,079	0,480
721	593,7	3605,0					

Quadro 5-30: Biofire Plus- Tria – Viga - 9 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1,000	20,000	5,000	439,802	96,538	76,538	0,153	0,000
2,000	20,000	10,000	439,802	146,952	50,414	0,153	0,000
3,000	20,000	15,000	439,802	184,607	37,655	0,153	0,000
4,000	20,000	20,000	439,802	214,674	30,067	0,153	0,000
5,000	20,000	25,000	439,802	239,704	25,030	0,153	0,060
...							
716,000	558,991	3580,000	716,788	944,507	0,209	0,094	0,487
717,000	559,478	3585,000	717,259	944,716	0,209	0,094	0,487
718,000	559,965	3590,000	717,729	944,924	0,208	0,094	0,486
719,000	560,451	3595,000	718,201	945,132	0,208	0,094	0,485
720,000	560,936	3600,000	718,672	945,340	0,208	0,094	0,485
721,000	561,421	3605,000					

Observa-se que com 8 mm de proteção a temperatura crítica é atingida antes dos 60 minutos de resistência necessários e com 9 mm de proteção, aos 60 minutos ainda se encontra a uma temperatura menor do que 570,10 °C. Sendo assim, a espessura mínima necessária desta proteção é de 9 mm.

5.2.4 Resistência do elemento sem proteção em relação ao esforço transversal

Para a determinação do valor de cálculo do esforço transversal utiliza-se a Equação 4-21, ver Quadro 5-31. Considerando os apoios, a temperatura crítica de 570,10 °C, com $\mu_0 = k_{y,\theta,web}$, atendendo a Franssen e Real (2010)

Quadro 5-31: Esforço transversal

Esforço transversal - $V_{fi,t,Rd}$	
$V_{fi,t,Rd}$	316,59 kN
$k_{y,\theta,web}$	0,547
V_{Rd}	579,21 kN

Como $V_{fi,Ed} = 171 \text{ kN} < V_{fi,t,Rd} = 316,59 \text{ kN}$, a segurança é satisfeita aos 60 minutos para a temperatura crítica de 570,10 °C.

5.2.5 Resistência do elemento sem proteção em relação ao esforço normal

Para a determinação do valor de cálculo do esforço normal utiliza-se a Equação 4-22, ver Quadro 5-32.

Quadro 5-32: Esforço normal

Esforço normal - $N_{pl,Rd}$	
$N_{pl,Rd}$	1984,81 kN
A	84,46 cm ²
f_y	235 Mpa

O grau de utilização, de acordo com a Equação 4-3, é o valor do esforço normal atuante, de 9,5 kNm, dividido pelo esforço normal resistente de 1984,81 kN, resultando num grau de utilização (μ_0) de 0,0048.

Com este valor é possível definir a temperatura crítica, dada pela Equação 4-4, a qual tem o valor de 1285,70 °C. Assim, é possível comparar a temperatura crítica com o tempo necessário para atingi-la, utilizando da Equação 4-5, com os valores do Quadro 5-33.

Quadro 5-33: Valores para a equação do aumento de temperatura no elemento sem proteção – esforço normal

Aumento da temperatura	
Am/V	152,35 m ⁻¹
$[Am/V]_b$	116,03 m ⁻¹
k_{sh}	0,685

Por um processo incremental, com intervalos de tempo de 5 segundos, através da Equação 4-5, podem ser observados os valores resultantes no Quadro 5-34.

5 - Estudo de caso

Quadro 5-34: Aumento da temperatura em função do tempo considerando o esforço normal na viga sem proteção

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	θ_g	$\dot{h}_{net,c}$	$\dot{h}_{net,r}$	\dot{h}_{net}	$\Delta\theta_{a,t}$
1,000	20,000	5,000	439,802	96,538	1913,445	447,627	2361,073	0,357
2,000	20,357	10,000	440,054	146,952	3164,875	940,522	4105,397	0,620
3,000	20,977	15,000	440,492	184,607	4090,737	1443,968	5534,705	0,836
4,000	21,813	20,000	441,080	214,674	4821,519	1945,082	6766,601	1,020
5,000	22,833	25,000	441,795	239,704	5421,766	2438,504	7860,270	1,183
6,000	24,016	30,000	442,620	261,145	5928,214	2921,961	8850,175	1,330
7,000	25,346	35,000	443,543	279,898	6363,809	3394,582	9758,391	1,463
8,000	26,809	40,000	444,551	296,563	6743,862	3856,178	10600,040	1,586
9,000	28,394	45,000	445,637	311,559	7079,114	4306,898	11386,012	1,699
10,000	30,093	50,000	446,792	325,189	7377,400	4747,056	12124,456	1,805
...								
712,000	936,553	3560,000	650,000	943,669	177,905	2016,945	2194,849	0,225
713,000	936,778	3565,000	650,000	943,879	177,537	2013,862	2191,399	0,224
714,000	937,002	3570,000	650,000	944,089	177,172	2010,790	2187,962	0,224
715,000	937,226	3575,000	650,000	944,298	176,807	2007,730	2184,537	0,223
716,000	937,449	3580,000	650,000	944,507	176,444	2004,681	2181,125	0,223
717,000	937,672	3585,000	650,000	944,716	176,083	2001,642	2177,725	0,223
718,000	937,895	3590,000	650,000	944,924	175,723	1998,614	2174,337	0,222
719,000	938,118	3595,000	650,000	945,132	175,364	1995,597	2170,962	0,222
720,000	938,340	3600,000	650,000	945,340	175,007	1992,591	2167,598	0,222

Observa-se que após 720 iterações, isto é, ao fim de 60 minutos de resistência necessários, não é atingida a temperatura crítica, sendo assim é satisfeita a condição para o esforço normal em uma situação de incêndio.

5.3 Estudo do pilar

5.3.1 Classificação da secção transversal

A flexão em torno de z (eixo com menor inércia) é considerada nula. O elemento em HEA300 é susceptível às deformações por torção.

O pilar em HEA300 é classificado a seguir. Aplica-se a Equação 4-2, com a tensão de cedência do aço a 20 °C igual a 235 MPa, obtendo-se $\epsilon = 0,85$.

Analisando os componentes da secção aba e alma e aplicando as equações das tabelas apresentadas na Figura 4-2 (Alma) e na Figura 4-1 (Aba), encontram-se os valores expostos para Pura compressão, Pura flexão, e Combinação Flexão-Compressão, ver o Quadro 5-35, Quadro 5-36 e o Quadro 5-37, respectivamente.

Quadro 5-35: Classificação da secção HEA 300 em compressão pura

Pura compressão		
Aba em compressão		$c/t < 10\epsilon$ Classe 2
$c/t=$	8,48	
$10\epsilon=$	8,5	
Alma em flexão		$c/t < 33\epsilon$ Classe 1
$c/t=$	24,47	
$33\epsilon=$	28,05	

Quadro 5-36: Classificação da secção HEA 300 em flexão pura

Pura flexão		
Aba em compressão		$c/t < 10\epsilon$ Classe 2
$c/t=$	8,48	
$10\epsilon=$	8,5	
Alma em flexão		$c/t < 72\epsilon$ Classe 1
$c/t=$	24,47	
$72\epsilon=$	61,2	

Quadro 5-37 Classificação da secção HEA 300 em combinação compressão-flexão

Flexão e compressão		
Alma		Classe 1
$c/t=$	24,47	
$\alpha=$	0,8998	
Factor=	31,46	

Sendo assim a secção do pilar é de Classe 2.

5.3.2 Elemento comprimido

O valor de cálculo da resistência à encurvadura ($N_{b,fi,t,Rd}$) no instante de tempo zero, à temperatura ambiente de 20 °C, conforme a Equação 4-23, é apresentado no Quadro 5-38.

Quadro 5-38: Resistência à encurvadura

Resistência à encurvadura - $N_{b,fi,t,Rd}$	
$N_{b,fi,t,Rd}$	2041,88 kN
l_{fi}	2,80 m
$k_{y,\theta}$	1,00
$k_{E,\theta}$	1,00
λ_{θ}	0,398
α	0,65
φ_{θ}	0,708
χ_{fi}	0,772

Sendo assim, o valor do grau de utilização, conforme a Equação 4-3 é de 0,1627 e a temperatura crítica, conforme a Equação 4-4, é de 756 °C.

5.3.3 Elemento sujeito a flexão com compressão

Atendendo à Equação 4-30 para o grau de utilização, têm-se os valores do Quadro 5-39 para a temperatura inicial de 20°C.

Quadro 5-39: Grau de utilização inicial

Momento crítico	
M_{cr}	6599,13 kN
C_1	2,6
Grau de utilização	
μ_0	0,221
α	0,65
λ_{LT}	0,222
$\varphi_{LT,\theta,com}$	0,597
$\chi_{LT,fi}$	0,869
β_{MLT}	2,892
μ_{LT}	0,023
$\chi_{z,fi}$	0,772
k_y	1
k_{LT}	0,996

Com o grau de utilização de 0,221 é possível encontrar o valor da temperatura crítica, ver o Quadro 4-1. Por meio de interpolação linear a temperatura crítica é de 707,21 °C.

A primeira iteração é apresentada no Quadro 5-40, utilizando a temperatura encontrada anteriormente de 707,21 °C.

Quadro 5-40: Grau de utilização - iteração 1

Grau de utilização	
μ_0	0,237
$k_{y,\theta}$	0,221
$k_{E,\theta}$	0,127
$\varphi_{LT,\theta,com}$	0,638
$\chi_{LT,fi}$	0,83
μ_{LT}	0,078
$\chi_{z,fi}$	0,702
k_y	0,221
k_{LT}	0,937

Com o grau de utilização de 0,237 é possível encontrar o valor da temperatura crítica, ver o Quadro 4-1. Por interpolação linear, a temperatura crítica é de 697,08 °C.

A segunda iteração é apresentada no Quadro 5-41, utilizando a temperatura encontrada anteriormente de 697,08 °C.

Quadro 5-41: Grau de utilização - iteração 2

Grau de utilização	
μ_0	0,237
$k_{y,\theta}$	0,237
$k_{E,\theta}$	0,135
$\varphi_{LT,\theta,com}$	0,639
$\chi_{LT,fi}$	0,829
μ_{LT}	0,079
$\chi_{s,fi}$	0,701
k_y	0,237
k_{LT}	0,94

Com o grau de utilização de 0,237 é possível determinar o valor da temperatura crítica, ver o Quadro 4-1. Por interpolação linear, a temperatura crítica é de 697,08 °C. Sendo assim, a temperatura crítica das iterações estabilizou para o valor de 697,08 °C, não sendo necessárias mais iterações. Este pode ser considerado o valor da temperatura crítica para a análise de flexão com compressão.

5.3.4 Resistência do pilar sem proteção

Considerando a menor de entre as temperaturas críticas das análises anteriores, ou seja, 697,08 °C, é possível comparar a temperatura crítica com o tempo necessário para a atingir, utilizando a Equação 4-5, com os valores apresentados no Quadro 5-42.

Quadro 5-42: Valores para a equação do aumento de temperatura no pilar sem proteção

Aumento da temperatura	
Am/V	152,59 m ⁻¹
$[Am/V]_b$	104,89 m ⁻¹
k_{sh}	0,6186

Por um processo incremental, com intervalos de tempo de 5 segundos, através da Equação 4-5, podem observar-se os resultados no Quadro 5-43.

Quadro 5-43: Determinação do aumento da temperatura em função do tempo no pilar sem proteção

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	θ_g	$\dot{h}_{net,c}$	$\dot{h}_{net,r}$	\dot{h}_{net}	$\Delta\theta_{a,t}$
1,0	20,0	5,0	439,8	96,5	1913,4	447,6	2361,1	0,3
2,0	20,3	10,0	440,0	147,0	3165,7	940,7	4106,4	0,6
3,0	20,9	15,0	440,4	184,6	4093,1	1444,3	5537,4	0,8
4,0	21,6	20,0	441,0	214,7	4825,8	1945,8	6771,6	0,9
5,0	22,6	25,0	441,6	239,7	5428,5	2439,6	7868,1	1,1
6,0	23,6	30,0	442,4	261,1	5937,8	2923,5	8861,3	1,2
7,0	24,8	35,0	443,2	279,9	6376,5	3396,7	9773,2	1,3
8,0	26,2	40,0	444,1	296,6	6760,0	3858,9	10618,9	1,4
9,0	27,6	45,0	445,1	311,6	7098,9	4310,3	11409,2	1,5
10,0	29,1	50,0	446,1	325,2	7401,1	4751,2	12152,4	1,6
...								
255,0	687,0	1275,0	921,0	790,4	2584,3	17038,3	19622,6	1,3
256,0	688,3	1280,0	927,6	791,0	2566,8	16969,4	19536,2	1,3
257,0	689,6	1285,0	934,4	791,5	2549,7	16901,6	19451,3	1,3
258,0	690,8	1290,0	941,5	792,1	2532,9	16834,9	19367,8	1,2
259,0	692,0	1295,0	948,9	792,7	2516,4	16769,4	19285,7	1,2
260,0	693,3	1300,0	956,7	793,3	2500,2	16705,1	19205,3	1,2
261,0	694,5	1305,0	964,7	793,8	2484,3	16642,0	19126,3	1,2
262,0	695,7	1310,0	973,2	794,4	2468,7	16580,3	19049,0	1,2
263,0	696,8	1315,0	981,9	795,0	2453,5	16519,8	18973,3	1,2
264,0	698,0	1320,0	991,1	795,6	2438,6	16460,7	18899,2	1,1

Após 22 minutos a temperatura crítica é ultrapassada, sendo assim, não é satisfeita a condição em situação de incêndio pelo que se deve utilizar uma proteção passiva contra o fogo no elemento pilar.

5.3.5 Resistência ao fogo do elemento com proteção

Para o estudo foram consideradas somente as proteções que apresentassem nos seus catálogos pelo menos duas das três características do material necessárias para as verificações. A característica em falta, indicada em cinza nos quadros, com as características técnicas, foi retirada com base no material constituinte da proteção, do anexo A-6 de Franssen e Real (2010). Considera-se o pilar protegido nos quadro lados.

Considerando a menor de entre as temperaturas críticas das análises anteriores tem-se 697,08 °C. A seguir apresenta-se a resistência do elemento pilar com proteção.

5.3.5.1 Painéis corta-fogo

5.3.5.1.1 Exuvent Tecbor

A proteção do painel corta-fogo Exuvent Tecbor, com as características apresentadas no Quadro 5-8, com massividade de 104,89 m⁻¹, através de um processo incremental, com intervalos de tempo de 5 segundos e com a Equação 4-16. Inicialmente

5 - Estudo de caso

foi testada a espessura de 5 mm, que é a menor espessura indicada no catálogo, ver o Quadro 5-44.

Quadro 5-44: Exuvent tecbor – Pilar - 5 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1	20,0	5,0	439,802	96,538	76,538	0,239	0,000
2	20,0	10,0	439,802	146,952	50,414	0,239	0,000
3	20,0	15,0	439,802	184,607	37,655	0,239	0,526
4	20,5	20,0	440,174	214,674	30,067	0,239	0,966
5	21,5	25,0	440,855	239,704	25,030	0,238	1,296
...							
716	846,1	3580,0	699,855	944,507	0,209	0,150	0,552
717	846,6	3585,0	699,116	944,716	0,209	0,150	0,550
718	847,2	3590,0	698,386	944,924	0,208	0,150	0,549
719	847,7	3595,0	697,665	945,132	0,208	0,151	0,548
720	848,3	3600,0	696,952	945,340	0,208	0,151	0,546
721	848,8	3605,0					

Após 60 minutos, a temperatura crítica é atingida, sendo assim a espessura de 5 mm não é suficiente para garantir uma proteção de R 60. Novas espessuras apresentadas no catálogo foram testadas, os resultados de 10 e 12 mm de espessura são apresentados no Quadro 5-45 e no Quadro 5-46.

Quadro 5-45: Exuvent tecbor – Pilar - 10 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1	20,0	5,0	439,802	96,538	76,538	0,478	0,000
2	20,0	10,0	439,802	146,952	50,414	0,478	0,000
3	20,0	15,0	439,802	184,607	37,655	0,478	0,000
4	20,0	20,0	439,802	214,674	30,067	0,478	0,000
5	20,0	25,0	439,802	239,704	25,030	0,478	0,000
...							
716	722,8	3580,0	1522,810	944,507	0,209	0,138	0,285
717	723,1	3585,0	1539,230	944,716	0,209	0,137	0,282
718	723,4	3590,0	1556,108	944,924	0,208	0,135	0,279
719	723,7	3595,0	1573,460	945,132	0,208	0,134	0,276
720	723,9	3600,0	1591,302	945,340	0,208	0,132	0,273
721	724,2	3605,0					

5 - Estudo de caso

Quadro 5-46: Exuvent tecbor – Pilar - 12 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1	20,0	5,0	439,802	96,538	76,538	0,573	0,000
2	20,0	10,0	439,802	146,952	50,414	0,573	0,000
3	20,0	15,0	439,802	184,607	37,655	0,573	0,000
4	20,0	20,0	439,802	214,674	30,067	0,573	0,000
5	20,0	25,0	439,802	239,704	25,030	0,573	0,000
...							
716	684,0	3580,0	906,891	944,507	0,209	0,278	0,448
717	684,5	3585,0	908,906	944,716	0,209	0,277	0,446
718	684,9	3590,0	910,949	944,924	0,208	0,277	0,445
719	685,4	3595,0	913,020	945,132	0,208	0,276	0,444
720	685,8	3600,0	915,121	945,340	0,208	0,276	0,442
721	686,3	3605,0					

Com 10 mm, aos 60 minutos a temperatura crítica é ultrapassada, com 12 mm a temperatura ainda é inferior à temperatura crítica aos 60 minutos, sendo assim é satisfeita.

Entretanto, menores espessuras que não são apresentadas no catálogo foram testadas, de forma a observar a espessura mínima necessária. No Quadro 5-47 a espessura de proteção de 11 mm.

Quadro 5-47: Exuvent tecbor – Pilar - 11 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1	20,0	5,0	439,802	96,538	76,538	0,526	0,000
2	20,0	10,0	439,802	146,952	50,414	0,526	0,000
3	20,0	15,0	439,802	184,607	37,655	0,526	0,000
4	20,0	20,0	439,802	214,674	30,067	0,526	0,000
5	20,0	25,0	439,802	239,704	25,030	0,526	0,000
...							
716	704,9	3580,0	1058,728	944,507	0,209	0,218	0,393
717	705,3	3585,0	1063,441	944,716	0,209	0,217	0,391
718	705,7	3590,0	1068,245	944,924	0,208	0,216	0,389
719	706,1	3595,0	1073,141	945,132	0,208	0,215	0,387
720	706,5	3600,0	1078,133	945,340	0,208	0,214	0,385
721	706,8	3605,0					

Analisando os quadros observa-se que a espessura de 11 mm é insuficiente, sendo assim 12 mm é a espessura mínima de proteção necessária de forma a garantir R 60.

5.3.5.1.2 Fireboard GM F K751 – Knauf

A proteção do painel corta-fogo Fireboard GM F K751, com as características apresentadas no Quadro 5-14, com massividade de 104,89 m⁻¹, através de um processo incremental, com intervalos de tempo de 5 segundos, pela Equação 4-16. Inicialmente foi

5 - Estudo de caso

testada a espessura de 12,5 mm, que é a menor espessura indicada no catálogo, ver o Quadro 5-48.

Quadro 5-48: Fireboard GM F K751– Pilar - 12,5 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1	20,0	5,0	439,802	96,538	76,538	0,504	0,000
2	20,0	10,0	439,802	146,952	50,414	0,504	0,000
3	20,0	15,0	439,802	184,607	37,655	0,504	0,000
4	20,0	20,0	439,802	214,674	30,067	0,504	0,000
5	20,0	25,0	439,802	239,704	25,030	0,504	0,000
...							
716	603,4	3580,0	762,599	944,507	0,209	0,290	0,495
717	603,9	3585,0	762,956	944,716	0,209	0,290	0,495
718	604,4	3590,0	763,314	944,924	0,208	0,290	0,494
719	604,9	3595,0	763,675	945,132	0,208	0,290	0,493
720	605,4	3600,0	764,039	945,340	0,208	0,290	0,493
721	605,9	3605,0					

Após 60 minutos, a temperatura crítica não foi atingida, sendo assim a espessura de 12,5 mm é suficiente para garantir a proteção de R 60. Menores espessuras que não são apresentadas no catálogo foram testadas, de forma a observar a espessura mínima necessária. No Quadro 5-49 e no Quadro 5-50 as espessuras de proteção de 8 e 9 mm, são determinadas, respectivamente.

Quadro 5-49: Fireboard GM F K751– Pilar - 8 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1	20,0	5,0	439,802	96,538	76,538	0,322	0,000
2	20,0	10,0	439,802	146,952	50,414	0,322	0,000
3	20,0	15,0	439,802	184,607	37,655	0,322	0,000
4	20,0	20,0	439,802	214,674	30,067	0,322	0,000
5	20,0	25,0	439,802	239,704	25,030	0,322	0,047
...							
716	717,0	3580,0	1286,612	944,507	0,209	0,110	0,325
717	717,4	3585,0	1296,398	944,716	0,209	0,109	0,323
718	717,7	3590,0	1306,418	944,924	0,208	0,108	0,320
719	718,0	3595,0	1316,678	945,132	0,208	0,108	0,318
720	718,3	3600,0	1327,186	945,340	0,208	0,107	0,315
721	718,7	3605,0					

5 - Estudo de caso

Quadro 5-50: Fireboard GM F K751– Pilar - 9 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1	20,0	5,0	439,802	96,538	76,538	0,363	0,000
2	20,0	10,0	439,802	146,952	50,414	0,363	0,000
3	20,0	15,0	439,802	184,607	37,655	0,363	0,000
4	20,0	20,0	439,802	214,674	30,067	0,363	0,000
5	20,0	25,0	439,802	239,704	25,030	0,363	0,000
...							
716	693,1	3580,0	955,752	944,507	0,209	0,167	0,422
717	693,5	3585,0	958,502	944,716	0,209	0,166	0,420
718	694,0	3590,0	961,295	944,924	0,208	0,166	0,419
719	694,4	3595,0	964,131	945,132	0,208	0,165	0,417
720	694,8	3600,0	967,011	945,340	0,208	0,165	0,416
721	695,2	3605,0					

Analisando os quadros observa-se que a espessura de 8 mm é insuficiente, mas com 9 mm garante uma temperatura inferior à temperatura crítica correspondente aos 60 minutos. Assim, a espessura mínima de proteção necessária é de 9 mm.

5.3.5.2 Argamassas projetadas

5.3.5.2.1 Tria Promospray F250

Utilizando a argamassa projetada Tria Promospray F250, com as características apresentadas no Quadro 5-19, com massividade de 152,59 m⁻¹, por um processo incremental, com intervalos de tempo de 5 segundos, através da Equação 4-16. Inicialmente foi testada a espessura de 18 mm, que é recomendada no catálogo para a massividade de 152,59 m⁻¹, ver Quadro 5-51.

Quadro 5-51: Tria Promospray F250 – Pilar - 18 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1	20,0	5,0	439,802	96,538	76,538	0,205	0,000
2	20,0	10,0	439,802	146,952	50,414	0,205	0,000
3	20,0	15,0	439,802	184,607	37,655	0,205	0,000
4	20,0	20,0	439,802	214,674	30,067	0,205	0,000
5	20,0	25,0	439,802	239,704	25,030	0,205	0,000
...							
716	250,6	3580,0	547,515	944,507	0,209	0,165	0,321
717	250,9	3585,0	547,626	944,716	0,209	0,165	0,321
718	251,2	3590,0	547,736	944,924	0,208	0,165	0,321
719	251,6	3595,0	547,846	945,132	0,208	0,165	0,321
720	251,9	3600,0	547,957	945,340	0,208	0,165	0,320
721	252,2	3605,0					

5 - Estudo de caso

Após 60 minutos a temperatura crítica ainda não é atingida, sendo assim a espessura de 18 mm é suficiente para garantir a proteção de R 60.

Entretanto, menores espessuras foram testadas, de forma a observar a espessura mínima necessária. O Quadro 5-52 e o Quadro 5-53, mostram, respectivamente, as espessuras de proteção de 3 e 4 mm.

Quadro 5-52: Tria Promospray F250 – Pilar - 3 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1	20,0	5,0	439,802	96,538	76,538	0,034	0,016
2	20,0	10,0	439,813	146,952	50,414	0,034	0,289
3	20,3	15,0	440,018	184,607	37,655	0,034	0,469
4	20,8	20,0	440,350	214,674	30,067	0,034	0,602
5	21,4	25,0	440,774	239,704	25,030	0,034	0,708
...							
716	699,7	3580,0	1005,784	944,507	0,209	0,015	0,392
717	700,1	3585,0	1009,300	944,716	0,209	0,015	0,390
718	700,5	3590,0	1012,875	944,924	0,208	0,015	0,389
719	700,9	3595,0	1016,509	945,132	0,208	0,015	0,387
720	701,3	3600,0	1020,204	945,340	0,208	0,015	0,385
721	701,7	3605,0					

Quadro 5-53: Tria Promospray F250 – Pilar - 4 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1	20,0	5,0	439,802	96,538	76,538	0,046	0,000
2	20,0	10,0	439,802	146,952	50,414	0,046	0,115
3	20,1	15,0	439,883	184,607	37,655	0,046	0,275
4	20,4	20,0	440,078	214,674	30,067	0,046	0,391
5	20,8	25,0	440,354	239,704	25,030	0,046	0,481
...							
716	633,8	3580,0	790,822	944,507	0,209	0,025	0,473
717	634,3	3585,0	791,391	944,716	0,209	0,025	0,472
718	634,8	3590,0	791,965	944,924	0,208	0,025	0,471
719	635,3	3595,0	792,543	945,132	0,208	0,025	0,471
720	635,7	3600,0	793,125	945,340	0,208	0,025	0,470
721	636,2	3605,0					

Observa-se que com 3 mm de proteção a temperatura crítica é atingida antes dos 60 minutos de resistência necessários, e com 4 mm de proteção, aos 60 minutos ainda está a uma temperatura menor do que 697,08°C. Sendo assim, a espessura mínima desta proteção necessária é de 4 mm.

5.3.5.2.2 Biofire – Tria

Utilizando a argamassa projetada Biofire, com as características apresentadas no Quadro 5-23, com massividade de 152,59 m⁻¹, por um processo incremental, com

5 - Estudo de caso

intervalos de tempo de 5 segundos, através da Equação 4-16. Inicialmente foi testada a espessura de 17 mm, que é recomendada no catálogo para a massividade indicada, como se observa no Quadro 5-54.

Quadro 5-54: Biofire – Pilar - 17 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1	20,0	5,0	439,802	96,538	76,538	0,613	0,000
2	20,0	10,0	439,802	146,952	50,414	0,613	0,000
3	20,0	15,0	439,802	184,607	37,655	0,613	0,000
4	20,0	20,0	439,802	214,674	30,067	0,613	0,000
5	20,0	25,0	439,802	239,704	25,030	0,613	0,000
...							
716	437,9	3580,0	625,870	944,507	0,209	0,431	0,484
717	438,4	3585,0	626,146	944,716	0,209	0,431	0,484
718	438,9	3590,0	626,423	944,924	0,208	0,430	0,484
719	439,4	3595,0	626,700	945,132	0,208	0,430	0,483
720	439,9	3600,0	626,978	945,340	0,208	0,430	0,483
721	440,4	3605,0					

Após os 60 minutos a temperatura crítica ainda não foi atingida, sendo assim a espessura de 17 mm é suficiente para garantir a proteção de R 60.

Entretanto, menores espessuras foram testadas, de forma a observar a espessura mínima necessária. O Quadro 5-55 e o Quadro 5-56, mostram, respectivamente, as espessuras de proteção de 7 e 8 mm.

Quadro 5-55: Biofire – Pilar - 7 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1	20,0	5,0	439,802	96,538	76,538	0,252	0,000
2	20,0	10,0	439,802	146,952	50,414	0,252	0,000
3	20,0	15,0	439,802	184,607	37,655	0,252	0,000
4	20,0	20,0	439,802	214,674	30,067	0,252	0,000
5	20,0	25,0	439,802	239,704	25,030	0,252	0,141
...							
716	697,3	3580,0	985,250	944,507	0,209	0,113	0,407
717	697,7	3585,0	988,475	944,716	0,209	0,112	0,406
718	698,1	3590,0	991,753	944,924	0,208	0,112	0,404
719	698,5	3595,0	995,085	945,132	0,208	0,112	0,402
720	698,9	3600,0	998,471	945,340	0,208	0,111	0,401
721	699,3	3605,0					

Quadro 5-56: Biofire – Pilar - 8 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1	20,0	5,0	439,802	96,538	76,538	0,289	0,000
2	20,0	10,0	439,802	146,952	50,414	0,289	0,000
3	20,0	15,0	439,802	184,607	37,655	0,289	0,000
4	20,0	20,0	439,802	214,674	30,067	0,289	0,000
5	20,0	25,0	439,802	239,704	25,030	0,289	0,000
...							
716	665,6	3580,0	845,517	944,507	0,209	0,150	0,463
717	666,0	3585,0	846,671	944,716	0,209	0,150	0,461
718	666,5	3590,0	847,837	944,924	0,208	0,150	0,460
719	667,0	3595,0	849,016	945,132	0,208	0,149	0,459
720	667,4	3600,0	850,207	945,340	0,208	0,149	0,458
721	667,9	3605,0					

Observa-se que com 7 mm de proteção a temperatura crítica é atingida antes dos 60 minutos de resistência necessários e com 8 mm de proteção, aos 60 minutos ainda está a uma temperatura menor do que 697,08 °C. Sendo assim, a espessura mínima desta proteção necessária é de 8 mm.

5.3.5.2.3 Biofire Plus - Tria

Utilizando a argamassa projetada Biofire Plus, com as características apresentadas no Quadro 5-27, com massividade de 152,59 m⁻¹, por um processo incremental, com intervalos de tempo de 5 segundos, através da Equação 4-16. Inicialmente foi testada a espessura de 10 mm, que é recomendada no catálogo para a massividade indicada, como se pode ver no Quadro 5-57.

Quadro 5-57: Biofire Plus – Pilar - 10 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1	20,0	5,0	439,802	96,538	76,538	0,170	0,000
2	20,0	10,0	439,802	146,952	50,414	0,170	0,000
3	20,0	15,0	439,802	184,607	37,655	0,170	0,000
4	20,0	20,0	439,802	214,674	30,067	0,170	0,000
5	20,0	25,0	439,802	239,704	25,030	0,170	0,000
...							
716	529,8	3580,0	690,274	944,507	0,209	0,108	0,488
717	530,3	3585,0	690,690	944,716	0,209	0,108	0,487
718	530,7	3590,0	691,107	944,924	0,208	0,108	0,487
719	531,2	3595,0	691,523	945,132	0,208	0,108	0,486
720	531,7	3600,0	691,940	945,340	0,208	0,108	0,486
721	532,2	3605,0					

Após 60 minutos, a temperatura crítica ainda não é atingida, sendo assim a espessura de 10 mm é suficiente para garantir a proteção de R 60.

5 - Estudo de caso

Entretanto, menores espessuras foram testadas, de forma a observar a espessura mínima necessária. No Quadro 5-58 e no Quadro 5-59 apresentam-se as espessuras de proteção de 5 e 6 mm, respectivamente.

Quadro 5-58: Biofire Plus – Pilar - 5 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1	20,0	5,0	439,802	96,538	76,538	0,085	0,000
2	20,0	10,0	439,802	146,952	50,414	0,085	0,044
3	20,0	15,0	439,833	184,607	37,655	0,085	0,294
4	20,3	20,0	440,041	214,674	30,067	0,085	0,470
5	20,8	25,0	440,372	239,704	25,030	0,085	0,604
...							
716	705,3	3580,0	1064,086	944,507	0,209	0,035	0,375
717	705,7	3585,0	1068,710	944,716	0,209	0,035	0,373
718	706,1	3590,0	1073,418	944,924	0,208	0,035	0,371
719	706,5	3595,0	1078,213	945,132	0,208	0,035	0,369
720	706,8	3600,0	1083,097	945,340	0,208	0,035	0,367
721	707,2	3605,0					

Quadro 5-59: Biofire Plus – Pilar - 6 mm

Iteração	θ_a	t [s]	c_a	$\theta_{g,t}$	$\Delta\theta_{g,t}$	ϕ	$\Delta\theta_{a,t}$
1	20,0	5,0	439,802	96,538	76,538	0,102	0,000
2	20,0	10,0	439,802	146,952	50,414	0,102	0,000
3	20,0	15,0	439,802	184,607	37,655	0,102	0,124
4	20,1	20,0	439,889	214,674	30,067	0,102	0,294
5	20,4	25,0	440,097	239,704	25,030	0,102	0,422
...							
716	665,7	3580,0	845,766	944,507	0,209	0,053	0,455
717	666,1	3585,0	846,905	944,716	0,209	0,053	0,454
718	666,6	3590,0	848,057	944,924	0,208	0,053	0,453
719	667,0	3595,0	849,220	945,132	0,208	0,053	0,452
720	667,5	3600,0	850,395	945,340	0,208	0,053	0,451
721	667,9	3605,0					

Observa-se que com 5 mm de proteção a temperatura crítica é atingida antes dos 60 minutos de resistência necessários, e com 6 mm de proteção, aos 60 minutos ainda está a uma temperatura menor do que 697,08 °C. Sendo assim, a espessura mínima desta proteção necessária é de 6 mm.

5.4 Considerações finais do estudo de caso

A temperatura crítica para a viga é de 570,10 °C e do pilar é de 697,08 °C. Com estes valores foram determinadas as espessuras de proteção dos elementos. Para os painéis

corta-fogo, Exuvent Tecbor e Fireboard GM F K751, foram consideradas as espessuras do material apresentadas nos catálogos. Para as argamassas projetadas, Tria Promospray F250, Biofire e Biofire Plus, foram consideradas as espessuras recomendadas no catálogo para a massividade de cada perfil. Em ambos os tipos de proteção, após o estudo com as espessuras indicadas no catálogo, foram testadas espessuras inferiores de forma a encontrar a mínima espessura necessária.

As tintas/revestimentos intumescentes disponibilizados pelas empresas para o estudo, como já referido, não puderam ser utilizadas devido à falta, nos catálogos, das características do material necessárias para o dimensionamento.

O Quadro 5-60 indica a espessura necessária para garantir a proteção de 60 minutos do elemento (valor mínimo de catálogo e valor mínimo analítico). Observa-se que os painéis corta-fogo por vezes têm uma espessura mínima distante do referido em catálogo, sendo nestes casos uma maior gama de espessuras uma alternativa a ser considerada.

Já nas argamassas projetadas se observa, na maioria dos casos, uma grande variação do recomendado em catálogo para o mínimo necessário. Esta variação ocorre possivelmente devido ao fato de que os catálogos levam em consideração apenas o fator de massividade e tempo requerido de resistência para a indicação da espessura, e como se observou no estudo são muitos os fatores considerados no dimensionamento da proteção.

Quadro 5-60: Espessuras de proteção para a viga e para o pilar

Proteção		Viga		Pilar	
		Catálogo	Mínima	Catálogo	Mínima
Painel corta-fogo	Exuvent Tecbor	20 mm	19 mm	12 mm	12 mm
	Fireboard GM F K751	20 mm	16 mm	12,5 mm	9 mm
Argamassa projetada	Tria Promospray F250	18 mm	6 mm	18 mm	4 mm
	Biofire	17 mm	12 mm	17 mm	8 mm
	Biofire Plus	10 mm	9 mm	10 mm	6 mm

Com estes valores é possível a realização de uma análise económica, em um caso de aplicação da proteção, com isto é possível escolher o tipo e espessura mais adequados, tendo em vista que possivelmente todas cumpririam a função de proteção com êxito.

0 -

6. Conclusão

As proteções passivas contra o fogo são importantes para a garantia de um maior tempo de resistência da estrutura em situação de incêndio, o que permite a evacuação de pessoas com segurança. Isto foi observado na análise do estudo de caso, com a aplicação de proteção passiva houve um aumento significativo da segurança, pois proporcionou um maior tempo de resistência da estrutura.

Verificou-se que nem todos os fabricantes disponibilizam as três propriedades essenciais para o dimensionamento da espessura de proteção, designadamente, condutibilidade térmica, calor específico e massa específica da proteção ao fogo, em nenhum dos catálogos de tintas/revestimentos intumescentes foram encontradas ao menos duas destas propriedades, o que impossibilitou a utilização desta categoria de materiais de proteção no estudo de caso. Também se verificou que o teor de humidade do material não é apresentado nos catálogos, o que permitiria o cálculo do tempo de retardação ou em inglês *delay time*.

Apesar de as propriedades da proteção utilizadas no estudo não terem sido totalmente referentes a proteção em questão, devido a falta da informação do calor específico nos catálogos, foi possível a realização do estudo. Nas argamassas projetadas houve uma grande variação da espessura recomendada em relação ao mínimo necessário, o valor indicado em catálogo é muito conservativo, sendo assim, mais fatores poderiam ser levados em consideração para a indicação de uma espessura mais assertiva em catálogo. Quanto aos painéis corta-fogo também se verificou uma variação, mas em menor grau com relação a das argamassas projetadas, logo, em alguns casos pode ser conveniente a disponibilidade de uma gama maior de espessuras.

0 -

Para trabalhos futuros é recomendado um estudo técnico-financeiro com relação aos diversos tipos de proteção, bem como o levantamento em laboratório das propriedades dos materiais e teste das espessuras calculadas de proteção. Também é sugerida a análise de um edifício como um todo, de forma a observar a variação da espessura de proteção em relação à localização do elemento na construção.

0 -

Referências

ANDRADE, Cleide Cedeni. **Proteção térmica em elementos estruturais de aço**. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. 2010.

ARBED, Group. **Tabela de Perfis**.

CAFCO. Blaze-Shield II. Spray-Applied Fire Resistive Material. Isolatek. 2006.

Decreto-Lei n.º 224/2015, Diário da República, 1.ª série — N.º 220. 12 de Novembro de 2008.

EN 1991-1-2, Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-2: General Actions - Actions on structures exposed to fire. 2010.

EN 1993-1-1, Eurocode 3: Design of Steel Structures - Part 1-1. General rules and rules for buildings. 2010.

EN 1993-1-2, Eurocode 3: Design of Steel Structures - Part 1-2. General rules - Structural fire design. 2010.

ERVEDAL, Roberto; LOPES, Nuno. **Resistência ao fogo de elementos estruturais metálicos de classe 4**. 2011.

EXUVENT. **Sobre nós**. 2021. Disponível em: <<https://www.exuvent.pt/sobre-nos/>>. Acesso em: 12 ago. 2021.

FRANSSEN, Jean-Marc; REAL, Paulo Vila - **Fire Design of Steel Structures**. 1ª ed. ECCS - European Convention for Constructional Steelwork. 2010.

GÉRKEN, André Luiz Dos Reis. **Materiais de proteção térmica para sistemas construtivos de baixo custo estruturados em aço**. Universidade Federal de Minas Gerais. 2007.

GUIMARÃES, Patrícia Pamplona De Oliveira. **Sobre o Dimensionamento do Revestimento Contra Fogo de Estruturas de Aço**. Universidade de São Paulo. 2007.

HARMATHY, T.Z. **Fire Safety Design and Concrete**. Concrete and Construction Series. Longman Scientific and Technical, UK. 1984

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – **ISO 834: Fire resistance tests – elements of building construction – Part 1: General requirements**. Geneva. 1999.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – **ISO 8421-1: Fire protection -- Vocabulary -- Part 1: General terms and phenomena of fire**. 1987.

0 - Referências

KNAUF. **Quem somos**. 2021. Disponível em: <<https://www.knauf.pt/knauf/quem-somos>>. Acesso em: 13 de agosto de 2021.

MESQUITA, Alex. **Verificação da resistência de estruturas de aço ao fogo**. Universidade Nova de Lisboa. 2013.

PANNONI, Fabio Domingos. **Princípios da proteção de estruturas metálicas em situação de corrosão e incêndio**. 2007.

Portaria nº1532/2008. Diário da República, 1.ª série — N.º 250. 29 de Dezembro de 2008.

SANTOS, Thomas. **Especialistas em Produtos Siderúrgicos: HEB**. 2021. Disponível em: <<https://www.thomazsantos.pt/produtos/siderurgicos/perfis/52-heb>>. Acesso em 23 de agosto de 2021.

SEITO, Alexandre Itiu *et al.* **A segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo.

TRIA. **Sobre nós**. 2021. Disponível em: <<https://www.tria.pt/pt/sobre-nos/>>. Acesso em 14 de agosto de 2021.

VARGAS, Mauri Resende; SILVA, Valdir Pignatta. **Resistência ao fogo das estruturas de aço**. Rio de Janeiro : Instituto Brasileiro de Siderurgia. 2005.

0 - Referências

ANEXO – A: ANEXO III DO REGIME JURÍDICO DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS EM EDIFÍCIOS (DECRETO LEI Nº 220/2008)

7918

Diário da República, 1.ª série—N.º 220—12 de Novembro de 2008

ANEXO III

(quadros referidos no n.º 1 do artigo 12.º)

QUADRO I

Categorias de risco da utilização-tipo I «Habitacionais»

Categoria	Critérios referentes à utilização-tipo I	
	Altura da UT I	Número de pisos ocupados pela UT I abaixo do plano de referência
1.ª	≤ 9 m	≤ 1
2.ª	≤ 28 m	≤ 3
3.ª	≤ 50 m	≤ 5
4.ª	> 50 m	> 5

QUADRO II

Categorias de risco da utilização-tipo II «Estacionamentos»

Categoria	Critérios referentes à utilização-tipo II, quando integrada em edifício			Ao ar livre
	Altura da UT II	Área bruta ocupada pela UT II	Número de pisos ocupados pela UT II abaixo do plano de referência	
1.ª	—			Sim
	≤ 9 m	≤ 3 200 m ²	≤ 1	Não
2.ª	≤ 28 m	≤ 9 600 m ²	≤ 3	Não
3.ª	≤ 28 m	≤ 32 000 m ²	≤ 5	Não
4.ª	> 28 m	> 32 000 m ²	> 5	Não

QUADRO III

Categorias de risco da utilização-tipo III «Administrativos»

Categoria	Critérios referentes à utilização-tipo III	
	Altura da UT III	Efectivo da UT III
1.ª	≤ 9 m	≤ 100
2.ª	≤ 28 m	≤ 1 000
3.ª	≤ 50 m	≤ 5 000
4.ª	> 50 m	> 5 000

QUADRO IV

Categorias de risco da utilização-tipo IV «Escolares» e V «Hospitalares e lares de idosos»

Categoria	Critérios referentes às utilizações-tipo IV e V			Locais de risco D ou E com saídas independentes directas ao exterior no plano de referência
	Altura da UT IV ou V	Efectivo da UT IV ou V		
		Efectivo	Efectivo em locais de risco D ou E	
1.ª	≤ 9 m	≤ 100	≤ 25	Aplicável a todos.
2.ª	≤ 9 m	(*) ≤ 500	≤ 100	Não aplicável.

Categoria	Critérios referentes às utilizações-tipo IV e V			Locais de risco D ou E com saídas independentes directas ao exterior no plano de referência
	Altura da UT IV ou V	Efectivo da UT IV ou V		
		Efectivo	Efectivo em locais de risco D ou E	
3.ª	≤ 28 m	(*) ≤ 1 500	≤ 400	Não aplicável.
4.ª	> 28 m	> 1 500	> 400	Não aplicável.

(*) Nas utilizações-tipo IV, onde não existam locais de risco D ou E, os limites máximos do efectivo das 2.ª e 3.ª categorias de risco podem aumentar em 50%.

QUADRO V

Categorias de risco das utilizações-tipo VI «Espectáculos e reuniões públicas» e IX «Desportivos e de lazer»

Categoria	Critérios referentes às utilizações-tipo VI e IX, quando integradas em edifício			Ao ar livre
	Altura da UT VI ou IX	Número de pisos ocupados pela UT VI ou IX abaixo do plano de referência	Efectivo da UT VI ou IX	
1.ª	—			≤ 1 000
	≤ 9 m	0	≤ 100	-
2.ª	—			≤ 15 000
	≤ 28 m	≤ 1	≤ 1 000	-
3.ª	—			≤ 40 000
	≤ 28 m	≤ 2	≤ 5 000	-
4.ª	—			> 40 000
	> 28 m	> 2	> 5 000	-

QUADRO VI

Categorias de risco da utilização-tipo VII «Hoteleiros e restauração»

Categoria	Critérios referentes à utilização-tipo VII			Locais de risco E com saídas independentes directas ao exterior no plano de referência
	Altura da UT VII	Efectivo da UT VII		
		Efectivo	Efectivo em locais de risco E	
1.ª	≤ 9 m	≤ 100	≤ 50	Aplicável a todos.
2.ª	≤ 9 m	≤ 500	≤ 200	Não aplicável.
3.ª	≤ 28 m	≤ 1 500	≤ 800	Não aplicável.
4.ª	> 28 m	> 1 500	> 800	Não aplicável.

QUADRO VII

Categorias de risco da utilização-tipo VIII «Comerciais e gares de transportes»

Categoria	Critérios referentes à utilização-tipo VIII		
	Altura da UT VIII	Número de pisos ocupados pela UT VIII abaixo do plano de referência	Efectivo da UT VIII
1.ª	≤ 9 m	0	≤ 100
2.ª	≤ 28 m	≤ 1	≤ 1 000

Categoria	Critérios referentes à utilização-tipo VIII		
	Altura da UT VIII	Número de pisos ocupados pela UT VIII abaixo do plano de referência	Efectivo da UT VIII
3. ^a	≤ 28 m	≤ 2	≤ 5 000
4. ^a	> 28 m	> 2	> 5 000

QUADRO VIII

**Categorias de risco da utilização-tipo x
«Museus e galerias de arte»**

Categoria	Critérios referentes à utilização-tipo x	
	Altura da UT X	Efectivo da UT X
1. ^a	≤ 9 m	≤ 100
2. ^a	≤ 28 m	≤ 500
3. ^a	≤ 28 m	≤ 1 500
4. ^a	> 28 m	> 1 500

QUADRO IX

**Categorias de risco da utilização-tipo xi
«Bibliotecas e arquivos»**

Categoria	Critérios referentes à utilização-tipo xi			
	Altura da UT XI	Número de pisos ocupados pela UT XI abaixo do plano de referência	Efectivo da UT XI	Carga de incêndio modificada da UT XI
1. ^a	≤ 9 m	0	≤ 100	≤ 5 000 MJ/m ²
2. ^a	≤ 28 m	≤ 1	≤ 500	≤ 50 000 MJ/m ²
3. ^a	≤ 28 m	≤ 2	≤ 1 500	≤ 150 000 MJ/m ²
4. ^a	> 28 m	> 2	> 1 500	> 150 000 MJ/m ²

QUADRO X

**Categorias de risco da utilização-tipo xii
«Industriais, oficinas e armazéns»**

Categoria	Critérios referentes à utilização-tipo xii		
	Integrada em edifício		Ao ar livre
	Carga de incêndio modificada da UT XII	Número de pisos ocupados pela UT XII abaixo do plano de referência	Carga de incêndio modificada da UT XII
1. ^a	(*) ≤ 500 MJ/m ²	0	(*) ≤ 1 000 MJ/m ²
2. ^a	(*) ≤ 5 000 MJ/m ²	≤ 1	(*) ≤ 10 000 MJ/m ²
3. ^a	(*) ≤ 15 000 MJ/m ²	≤ 1	(*) ≤ 30 000 MJ/m ²
4. ^a	(*) > 15 000 MJ/m ²	> 1	(*) > 30 000 MJ/m ²

(*) Nas utilizações-tipo xii, destinadas exclusivamente a armazéns, os limites máximos da carga de incêndio modificada devem ser 10 vezes superiores aos indicados neste quadro.

ANEXO IV

Elementos do projecto da especialidade de SCIE, exigido para os edifícios e recintos, a que se refere o n.º 1 do artigo 17.º do presente decreto-lei

Artigo 1.º

Projecto da especialidade de SCIE

O projecto de especialidade é o documento que define as características do edifício ou recinto no que se refere à

especialidade de segurança contra incêndio, do qual devem constar as seguintes peças escritas e desenhadas:

a) Memória descritiva e justificativa, a elaborar em conformidade com o artigo 2.º deste anexo IV, na qual o autor do projecto deve definir de forma clara quais os objectivos pretendidos e as principais estratégias para os atingir e identificar as exigências de segurança contra incêndio que devem ser contempladas no projecto de arquitectura e das restantes especialidades a concretizar em obra, em conformidade com o presente decreto-lei;

b) Peças desenhadas a escalas convenientes e outros elementos gráficos que explicitem a acessibilidade para veículos de socorro dos bombeiros, a disponibilidade de hidrantes exteriores e o posicionamento do edifício ou recinto relativamente aos edifícios ou recintos vizinhos, a planimetria e altimetria dos espaços em apreciação, a classificação dos locais de risco, os efectivos totais e parciais, as características de resistência ao fogo que devem possuir os elementos de construção, as vias de evacuação e as saídas e, finalmente, a posição em planta de todos os dispositivos, equipamentos e sistemas de segurança contra incêndio previstos para esses espaços.

Artigo 2.º

Conteúdo da memória descritiva e justificativa de SCIE

A memória descritiva e justificativa do projecto da especialidade de SCIE deve, quando aplicáveis, conter referência aos seguintes aspectos, pela ordem considerada mais conveniente:

I — Introdução:

- 1 — Objectivo;
- 2 — Localização;
- 3 — Caracterização e descrição:

- a) Utilizações-tipo;
- b) Descrição funcional e respectivas áreas, piso a piso;

4 — Classificação e identificação do risco:

- a) Locais de risco;
- b) Factores de classificação de risco aplicáveis;
- c) Categorias de risco.

II — Condições exteriores:

- 1 — Vias de acesso;
- 2 — Acessibilidade às fachadas;
- 3 — Limitações à propagação do incêndio pelo exterior;
- 4 — Disponibilidade de água para os meios de socorro.

III — Resistência ao fogo de elementos de construção:

- 1 — Resistência ao fogo de elementos estruturais e incorporados em instalações;
- 2 — Isolamento entre utilizações-tipo distintas;
- 3 — Compartimentação geral corta-fogo;
- 4 — Isolamento e protecção de locais de risco;
- 5 — Isolamento e protecção de meios de circulação:

- a) Protecção das vias horizontais de evacuação;
- b) Protecção das vias verticais de evacuação;
- c) Isolamento de outras circulações verticais;
- d) Isolamento e protecção das caixas dos elevadores;
- e) Isolamento e protecção de canalizações e condutas.

ANEXO – B: CATÁLOGO EXUVENT TECBOR



EXUVENT.TECBOR

Painéis de proteção passiva contra incêndios



DESCRIÇÃO

Os Painéis **Exuvent.Tecbor** oferecem uma ampla gama de soluções para a proteção passiva contra Incêndios pela construção e indústria.

Disponível em diferentes espessuras: 5,10 , 12, 15, 20, 23, 24, 25, 30 e 40 mm.

PROPRIEDADES

Os Painéis **Exuvent.Tecbor** têm marcação CE. Todos os ensaios realizados são efetuados em laboratórios acreditados sob a normativa EN ou similar, de acordo com as especificações da **DITE 018-4** aprovado pela EOTA.

Os Painéis **Exuvent.Tecbor** não contêm substâncias perigosas em concordância com os dados da Comissão DS041/051.

LISTA DE SOLUÇÕES

- Proteção das estruturas em aço.
- Conduas de ventilação.
- Divisórias.
- Fachadas.
- Tectos falsos.
- Túneis.

SEGURANÇA

Na manipulação dos Painéis **Exuvent.Tecbor** devem-se considerar os seguintes aspetos:

- Recomenda-se a utilização de luvas.
- Respeitar as medidas de segurança habituais.

Nota: Armazenar os painéis sobre superfícies planas, sempre cobertos e resguardados da chuva. O seu transporte com empilhadores, deverá ser efetuado com os "garfos" abertos ao máximo.



EXUVENT.TECBOR

CARACTERÍSTICAS E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS				
ESPECIFICAÇÕES	TECBOR® A	TECBOR® B	TECBOR®	NORMATIVA
Composição	Óxido de magnésio, silicatos e outros aditivos	Óxido de magnésio, silicatos e outros aditivos	Óxido de magnésio, silicatos e outros aditivos	-
Classificação ao fogo	Não combustível Euroclase A1	Não combustível Euroclase A1	Não combustível Euroclase A1	UNE - EN 13501-1:2002
Densidade Seca (40°C)	700 kg/m³ ±10%	650 kg/m³ ±10%	900 kg/m³ ±10%	UNE - EN 12467
Densidade (23°C y 50% HR)	730	680	925 kg/m³	UNE - EN 12467
Condutividade térmica	0,27 W/mk	0,19 W/mk	0,31 W/mk	UNE - EN 12664
Alcalinidade pH	8-10	8-10	8-10	UNE - EN 13468
Capacidade da absorção da água	1,9 kg/m²	4,12 kg/m²	4,5 kg/m²	EN 1609
Permeabilidade ao vapor da água	3,9 x 10 ⁻⁹ (Kg/m²sPa)	3 x 10 ⁻⁹ (Kg/m²sPa)	3 x 10 ⁻⁹ (Kg/m²sPa)	UNE - EN ISO 12572
Tolerância de comprimento	± 5 mm	± 5 mm	± 5 mm	UNE - EN 12467
Tolerância de largura	± 3 mm	± 3 mm	± 3 mm	UNE - EN 12467
Expansão térmica (20-100°C)	3,6 (1°C)*10E-5	3,1 (1°C)*10E-5	3	UNE - EN ISO 10.545-8/97
Tolerância à espessura	± 1 mm	+2 mm -1 mm	+2 mm -1 mm	UNE - EN 12467
Rectitude dos cantos	Nível 1 - 0,1%	Nível 1 - 0,1%	Nível 1 - 0,1%	UNE - EN 12467
Conteúdo de matéria orgânica	4,55%	3,30%	3,3%	UNE 103 204/93
Resistência causada pela água	R _L < 0,75	R _L < 0,75	R _L < 0,75	UNE - EN 12467
Módulo de elasticidade (MPa)	3018,7	2149,2	475 MPa	UNE - EN 12089 UNE - EN 310
Resistência à curvatura MOR (MPa)	7,2	3,58	4,74 MPa	EN- 12467
Resistência à tração perpendicular à fibra (MPa)	1,2	0,68	1,47 MPa	EN - 1607
Resistência à compressão (MPa)	7,07	4,64	9,61 MPa	EN - 826
Estabilidade dimensional	≤ 0,25%	≤ 0,25%	≤ 0,25%	UNE - EN 326-1
Resistência à tração paralela às fibras (MPa)	1,59	0,81	0,99 MPa	EN 1608
Proliferação microbiana	No	No	No	EN 13403
Vida útil	25 anos Z ₁ (uso interior)	25 anos Z ₁ (uso interior)	25 anos Z ₂ (uso interior)	Dite 09/0057

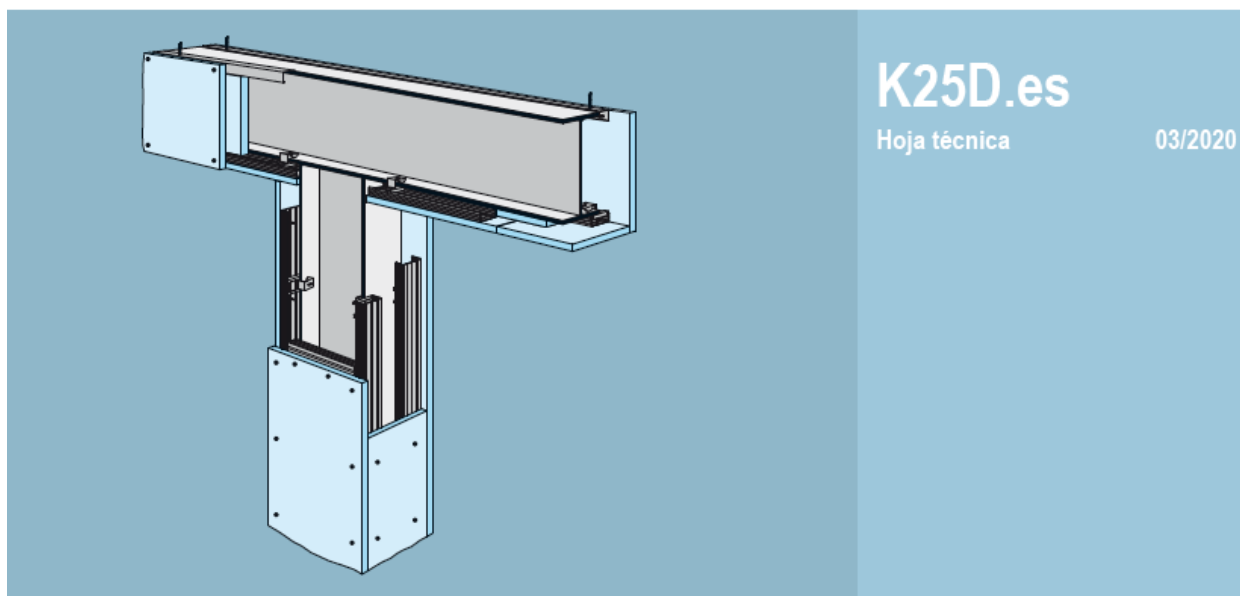
DESCRIÇÃO

Os Painéis **Exuvent.Tecbor** apresentam-se em dois formatos com diferentes acabamentos:

- **Canto recto:** este acabamento é idóneo pelas soluções construtivas onde é preciso um encontro entre os painéis a 90°, como acontece nas condutas, túneis, divisórias, etc.
- **Canto Afinado:** é um painel exclusivo que, ao ter os seus dois cantos comprimidos afinados, oferece um magnífico acabamento nas soluções como tectos falsos, divisórias, paredes, etc.
- **O canto afinado** apresenta uma série de vantagens:
 - **Acabamento estético:** mediante o canto afinado ocultam-se as juntas de encontro, dando um aspeto estético idóneo para tectos falsos, divisórias, paredes, etc.
 - **Maior resistência à fissura:** por meio da colocação da banda tapa juntas, reduz-se o risco de fissura
 - **Redução do tempo de trabalho:** maior rapidez na realização do acabamento

* Consultar disponibilidade

ANEXO – C: CATÁLOGO K25D – KNAUF



Knauf Protección al fuego de vigas y pilares metálicos

K252D.es - Protección al fuego de vigas metálicas con placa Cortafuego

K253D.es - Protección al fuego de pilares metálicos con placa Cortafuego




■ Sistema de protección de estructuras metálicas hasta 180 minutos



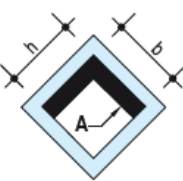
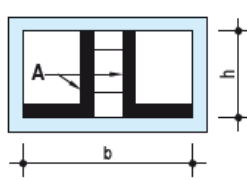
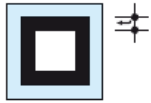
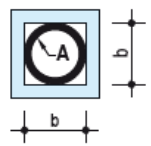
K252D/K253D.es Knauf protección de perfiles metálicos

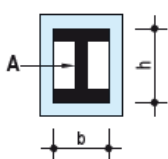

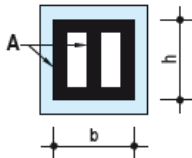
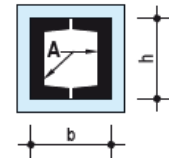
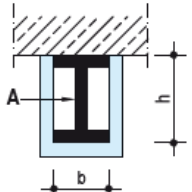
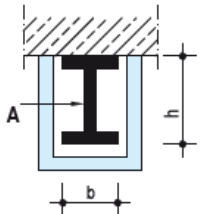
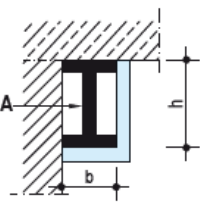


Cálculo de factor de masas


P/A (m⁻¹)
P= Perímetro de la selección recta del perfil (m)
A= Área de la sección expuesta del perfil (m²)

Realizar el cálculo de la masividad de cada perfil de acuerdo a sus dimensiones y número de caras a proteger.
 Los sistemas K252D.es y K253D.es permiten la protección de perfiles metálicos con una masividad ≤ 372 m⁻¹.

Formas constructivas	Nº de caras expuestas al fuego	P/A m ⁻¹
b, h y t en cm, Área en cm ²		
Pletina 	4 - caras	$\frac{200}{t}$
Pletina  Hormigón o muro macizo	3 - caras	$\frac{100}{t}$
Angular 	4 - caras	$\frac{2b + 2h}{A} \cdot 100$
Doble angular 	4 - caras	$\frac{2b + 2h}{A} \cdot 100$
Perfil hueco, Pilar 	4 - caras	$\frac{100}{t}$
	4 - caras	$\frac{4b}{A} \cdot 100$

Formas constructivas	Nº de caras expuestas al fuego	P/A m ⁻¹
b, h y t en cm, Área en cm ²		
Pilar o viga 	4 - caras	$\frac{2b + 2h}{A} \cdot 100$
Pilar o viga 	4 - caras	$\frac{2b + 2h}{A} \cdot 100$
Pilar o viga 	4 - caras	$\frac{2b + 2h}{A} \cdot 100$
Pilar o viga 	4 - caras	$\frac{2b + 2h}{A} \cdot 100$
Viga 	3 - caras	$\frac{b + 2h}{A} \cdot 100$
Viga 	3 - caras	$\frac{b + 2h}{A} \cdot 100$
Viga 	2 - caras	$\frac{b + h}{A} \cdot 100$



Tipo de perfil Altura de los perfiles (mm)	HEA		HEB		HEM	
	4 caras	3 caras	4 caras	3 caras	4 caras	3 caras
100	184,90	137,70	153,80	115,40	85,00	65,00
120	185,00	137,50	141,20	105,90	80,10	61,10
140	173,90	129,30	130,20	97,70	75,90	57,80
160	160,80	119,60	117,90	88,40	71,30	54,20
180	155,00	115,20	110,30	82,70	68,10	51,70
200	145,00	107,80	102,40	76,80	64,90	49,20
220	133,70	99,50	96,70	72,50	62,40	47,30
240	122,40	91,10	90,60	67,90	51,90	39,50
260	117,50	87,60	87,80	65,90	50,80	38,60
280	113,10	84,30	85,20	63,90	49,80	37,80
300	104,90	78,20	80,50	60,40	42,90	32,70
320	98,10	74,00	76,90	58,30	42,80	32,90
340	94,40	71,90	74,90	57,30	43,40	33,70
360	91,00	70,00	73,10	56,50	44,10	34,40
400	86,80	67,90	70,80	55,60	45,40	35,90
450	83,10	66,30	68,80	55,00	46,80	37,70
500	80,00	64,80	67,10	54,50	48,20	39,30
550	79,30	65,20	66,90	55,10	49,50	40,90
600	78,60	65,30	66,70	55,60	50,90	42,50

Tipo de perfil Altura de los perfiles (mm)	UPN		UAP		IPE		IPN	
	4 caras	3 caras	4 caras	3 caras	4 caras	3 caras	4 caras	3 caras
80	227,30	186,40	233,60	191,60	329,80	269,60	321,90	266,50
100	222,20	185,20	223,90	186,60	301,00	247,60	283,00	235,80
120	205,90	173,50	-	-	278,80	230,30	250,70	209,90
140	196,10	166,70	-	-	259,80	215,20	225,10	189,10
160	187,50	160,40	-	-	240,80	200,00	205,30	172,80
180	178,60	153,60	-	-	226,80	188,70	187,80	158,40
200	170,80	147,50	171,90	148,40	210,50	175,40	173,10	146,30
220	160,40	139,00	165,30	143,30	197,60	164,70	160,60	135,90
240	153,70	133,60	-	-	184,10	153,50	150,10	127,10
260	144,90	126,30	-	-	-	-	139,70	118,50
270	-	-	145,70	126,70	176,50	147,10	-	-
280	140,70	122,90	-	-	-	-	130,60	111,10
300	136,10	119,00	136,50	119,50	-	139,40	123,00	104,90
320	110,80	97,60	-	-	-	-	115,90	99,10
330	-	-	-	-	156,50	131,00	-	-
340	-	-	-	-	-	-	109,90	94,10
350	116,40	103,50	-	-	-	-	-	-
360	-	-	-	-	145,80	122,40	103,60	88,90
380	119,90	107,20	-	-	-	-	98,90	85,00
400	111,50	99,50	-	-	137,30	116,00	94,10	80,90
450	-	-	-	-	129,60	110,30	84,40	72,80
500	-	-	-	-	120,70	103,40	76,10	65,80
550	-	-	-	-	113,40	97,80	70,40	61,00
600	-	-	-	-	105,10	91,00	64,20	55,70

Observación Para perfiles no estandarizados o bien perfiles dobles, consultar con el Dpto. Técnico.

K252D/K253D.es Knauf protección de perfiles metálicos



Espesor de placa Knauf Cortafuego DF

Cálculo del espesor de placas Knauf Cortafuego

El espesor total y número de placas Knauf Cortafuego para la protección de un perfil se calcula teniendo en cuenta su masividad y la resistencia al fuego requerida

Espesor de placa Knauf Cortafuego DF (en mm) para la protección al fuego de vigas y pilares metálicos (Temperatura de diseño de 500 °C)

Masividad m ¹	Resistencia al fuego					
	R 15'	R 30'	R 60'	R 90'	R 120'	R 180'
≤ 46						40 (15+2x12,5)
50				12,5	25 (2x12,5)	42,5 (2x15+12,5)
60						
70					27,5 (15+12,5)	
80					30 (2x15)	
90			12,5	25 (2x12,5)		
100						
110						
120						
130					37,5 (3x12,5)	
140						
150				27,5 (15+12,5)		
160						
170						
180						
190						
200						
210	12,5	12,5		30 (2x15)		
220						
230						
240						40 (15+2x12,5)
250						
260						
270			25 (2x12,5)			
280						
290						
300						
310						
320				37,5 (3x12,5)		
330						
340						
350						42,5 (2x15+12,5)
360						
370						
372						

Cálculo 1

Pilar HEA 220 a proteger en sus 4 caras.

Estabilidad al fuego 90 minutos

El factor de masa de un pilar HEA 220 a proteger en sus 4 caras, se lee en la tabla de la página 3 y es igual a 133,70 m¹ (se toma el valor 140).

Sobre la tabla de la página 4, para un tiempo de exposición de 90 minutos se necesita un recubrimiento total de placa de Knauf Cortafuego de 27,5 mm (1 placa de 15 mm y otra de 12,5 mm).

Cálculo 2

Viga IPE 200 a proteger en 3 caras.

Estabilidad al fuego 120 minutos

El factor de masa de un pilar IPE 200 a proteger en sus 3 caras, se lee en la tabla de la página 3 y es igual a 175,40 m¹ (se toma el valor 180).

Sobre la tabla de la página 4, para un tiempo de exposición de 120 minutos se necesita un recubrimiento total de placa de Knauf Cortafuego de 40 mm (1 placa de 15 mm + 2 placas de 12,5 mm).

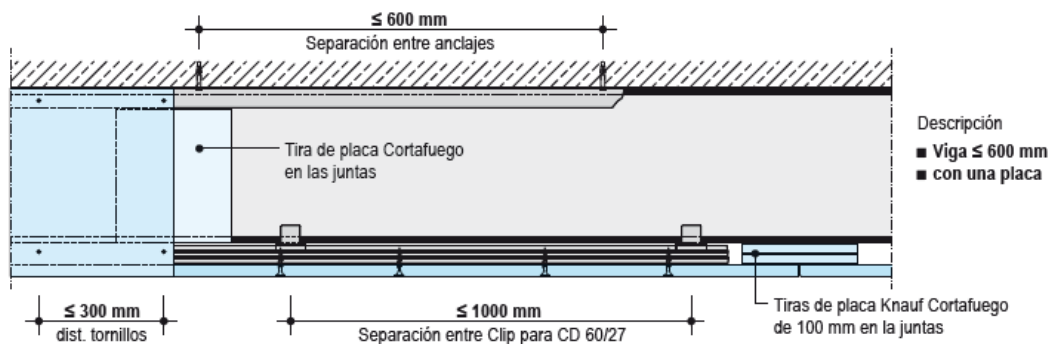
Observación

Tabla extraída de los ensayos nº 11-U-695 (nº 16/12050-618), 11-U-724 (nº 16/12050-619) y 11-U-762 (nº 16/12050-620) realizados s/ Norma UNE-EN 13381-4 y el informe de evaluación EFR-17-000928

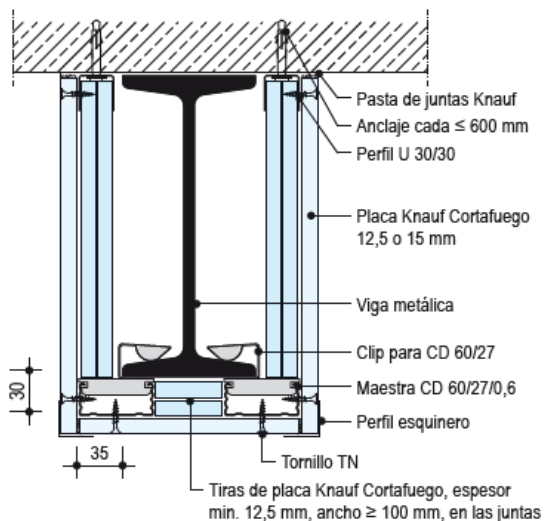
Detalles

Medidas en mm

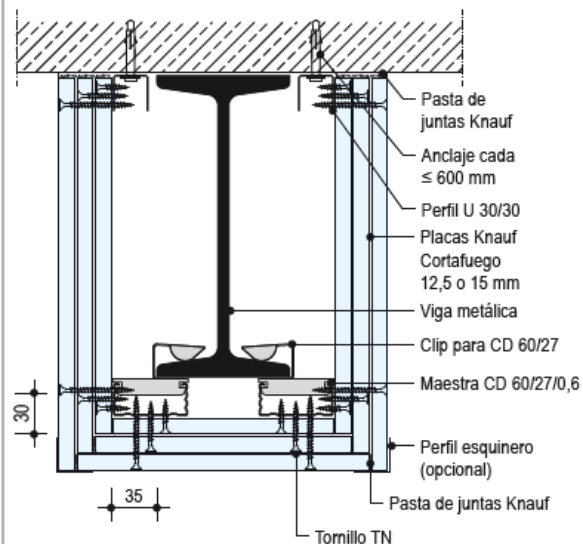
Vista lateral



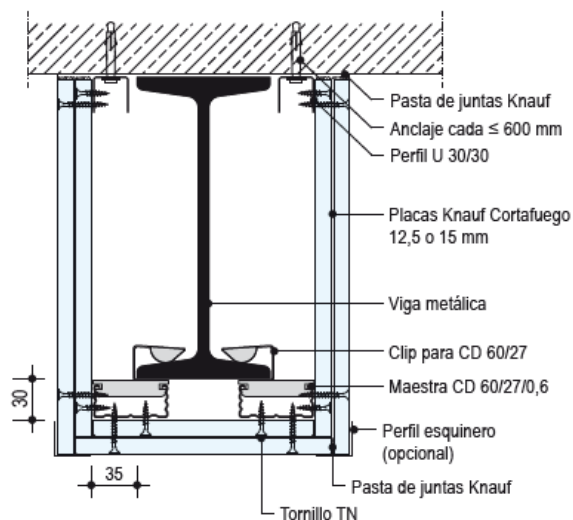
K252D.es-UK-Q1 Sección transversal - Una placa



K252D.es-UK-Q3 Sección transversal - Tres placas



K252D.es-UK-Q2 Sección transversal - Dos placas



■ Para una protección con más placas, contrapear las juntas ≥ 400 mm

- El espesor total de placas depende de la protección al fuego requerida y de la masividad de cada perfil. Para el espesor de placas ver página 4.
- Altura máxima de la viga ≤ 600 mm y espesor ≤ 16 mm.
- Para protección de perfiles a 3 caras o menos con una sola placa es necesario incluir tiras de placa con ≥ 100 mm de anchura.

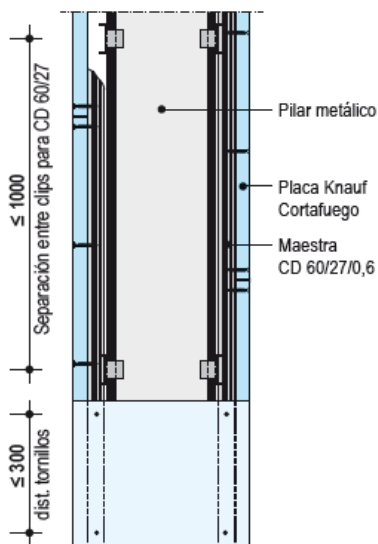
K253D.es Knauf Protección al fuego de pilares metálicos
Atornillada a estructura metálica con maestra CD 60/27



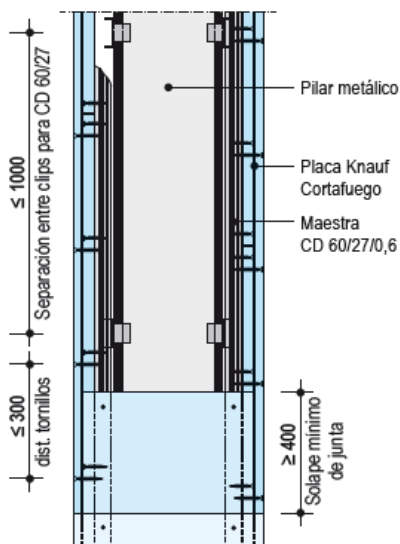
Vista lateral / Detalles

Medidas en mm

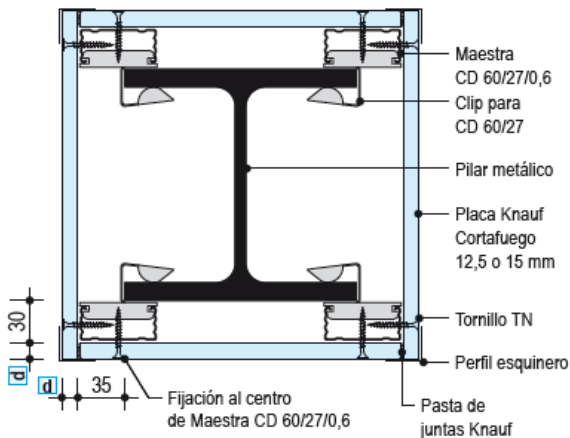
Una placa



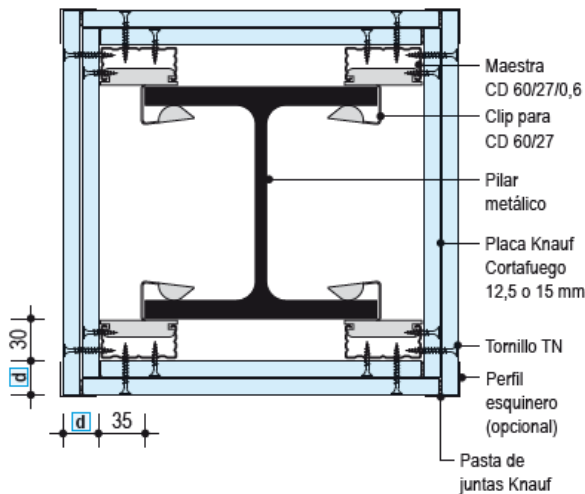
Dos placas



K253D.es-UK-H1 Sección horizontal - Una placa



K253D.es-UK-H2 Sección horizontal - Dos Placas



- El espesor total de placas d depende de la protección al fuego requerida y de la masividad de cada perfil. Para el cálculo del espesor de placas ver pág. 4.
- Altura máxima de perfiles metálicos ≤ 600 mm, espesor ≤ 16 mm.

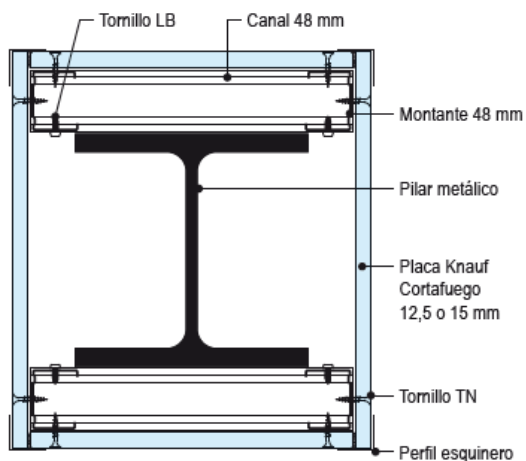


K253D.es Knauf Protección al fuego de pilares metálicos
Atornillada a estructura metálica con montantes y canales

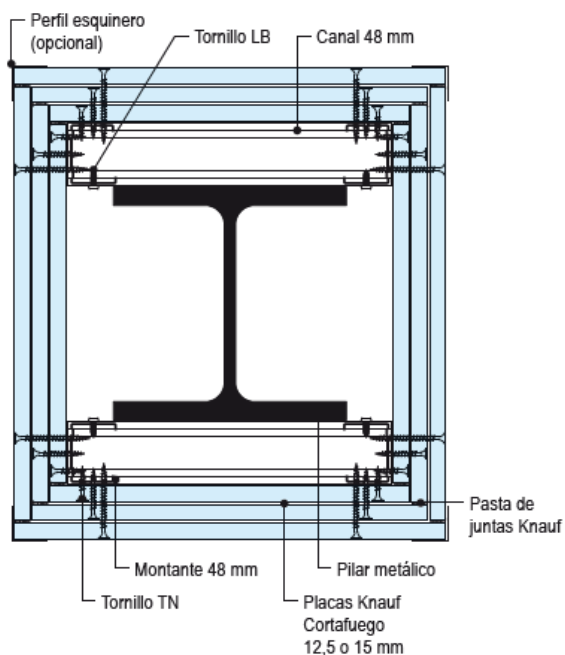
Detalles

Medidas en mm

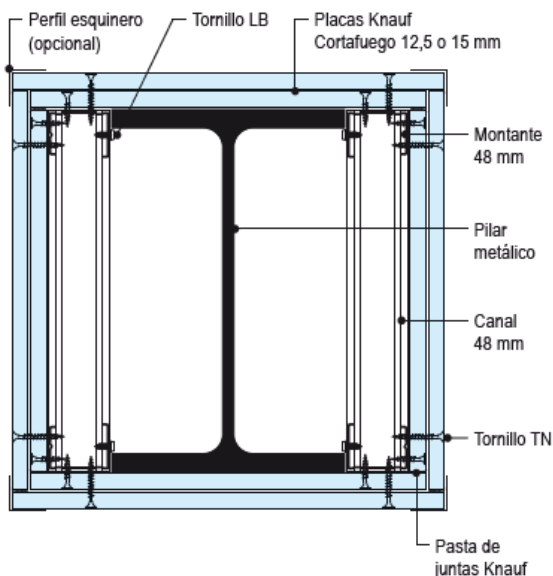
K253D.es-UK-H3 Sección horizontal - Una placa



K253D.es-UK-H4 Sección horizontal - Tres placas



K253D.es-UK-H5 Sección horizontal - Dos Placas



K252D/K253D.es Knauf protección de perfiles metálicos



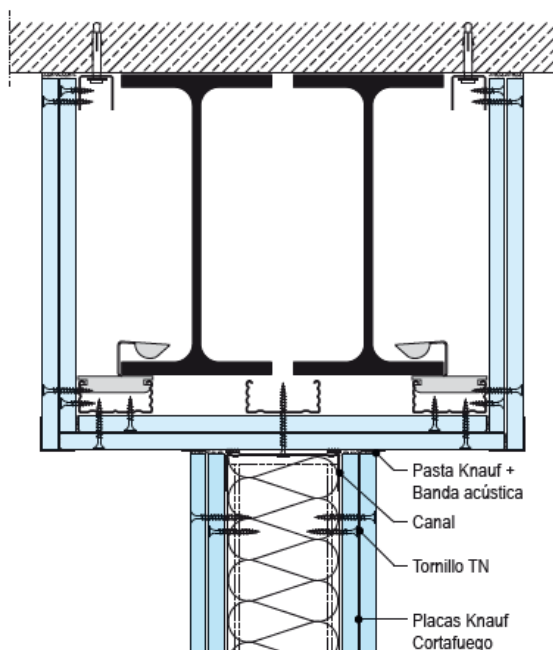
Encuentro con vigas / Pilares

Detalles

Medidas en mm

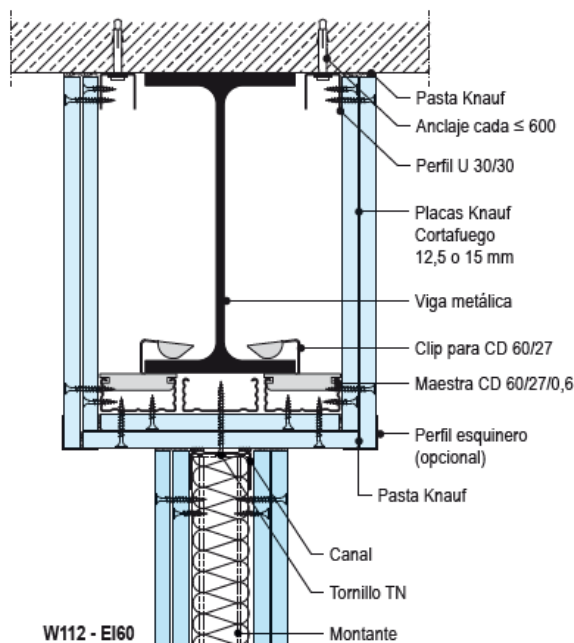
K252D.es-UK-S1 Encuentro entre tabique y protección de dos vigas metálicas

K252D - R90 con maestra CD 60/27



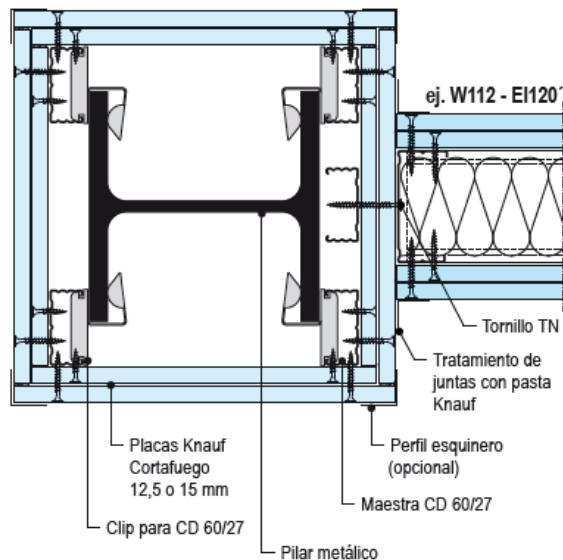
K252D.es-UK-S2 Encuentro entre tabique y protección de viga

K252D - R90 con maestra CD 60/27



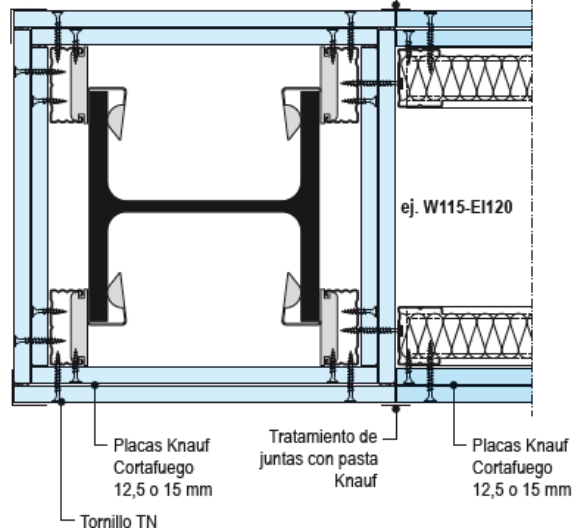
K253D.es-UK-S1 Encuentro entre tabique y protección de pilar

K253D - R120



K253D.es-S1 Encuentro entre tabique W115 y protección de pilar

K253D - R90



Observación

Debe tenerse en cuenta que cualquier estructura metálica que quede encerrada dentro de un tabique, debe llevar una protección especial, cerrando todo su perímetro con la misma cantidad de placas requerida.

Para el sistema de montaje W112 y W115 ver hoja técnica W11 - Tabiques con estructura metálica

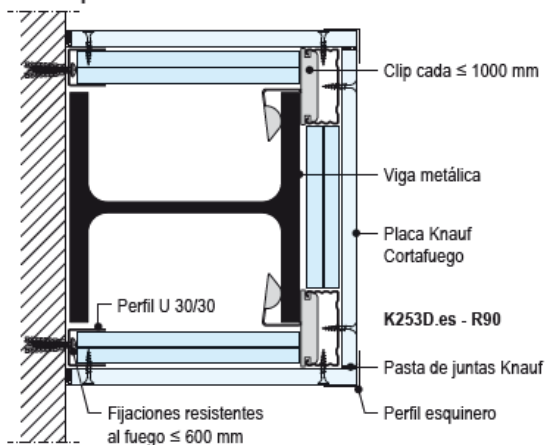
Para el aislamiento acústico, consultar con el Dpto. Técnico.

Detalles

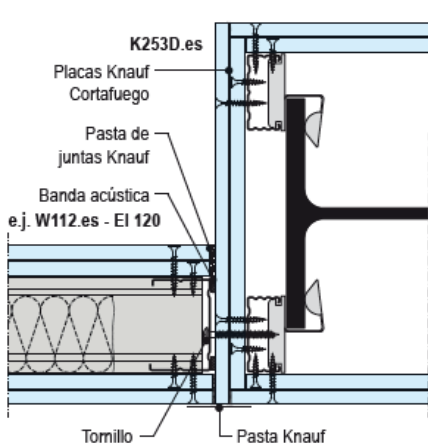
Medidas en mm

K253D.es-UK-S3 Sección transversal de pilar

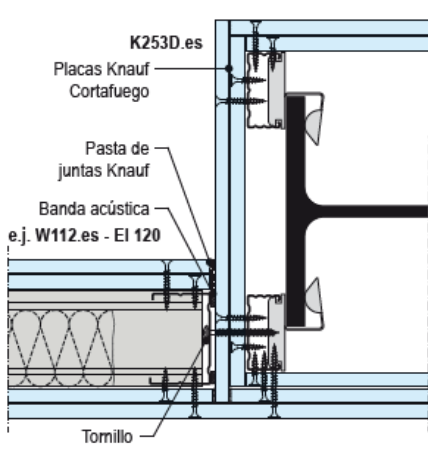
Pilar con protección a 3 caras



K253D.es-UK-S1 Encuentro entre tabique y protección de pilar metálico

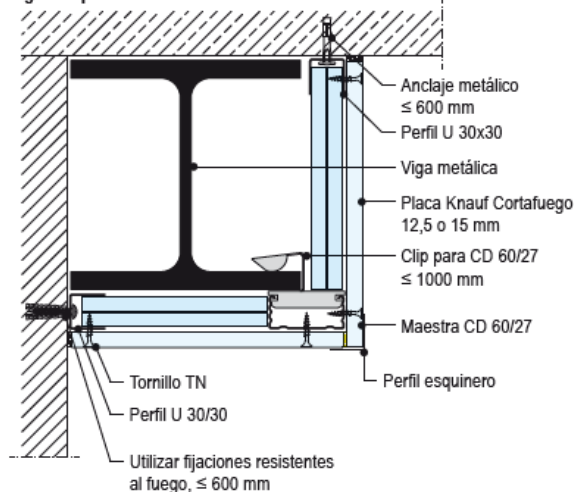


K253D.es-UK-S2 Encuentro entre tabique y protección de pilar metálico



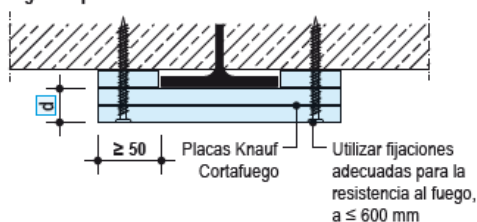
K252D.es-UK-S3 Sección transversal de viga

Viga con protección a 2 caras



K252D.es-S12 Viga embebida al forjado de hormigón

Viga con protección a 1 cara



- El espesor total de placas d depende de la protección al fuego requerida y de la masividad del perfil.
- Para la protección a 1 y 2 caras es necesario realizar el cálculo de la masividad según las medidas y disposición del perfil. Consultar con el departamento técnico de Knauf.

K252D/K253D.es Knauf protección de perfiles metálicos

Encuentro con vigas / Pilares

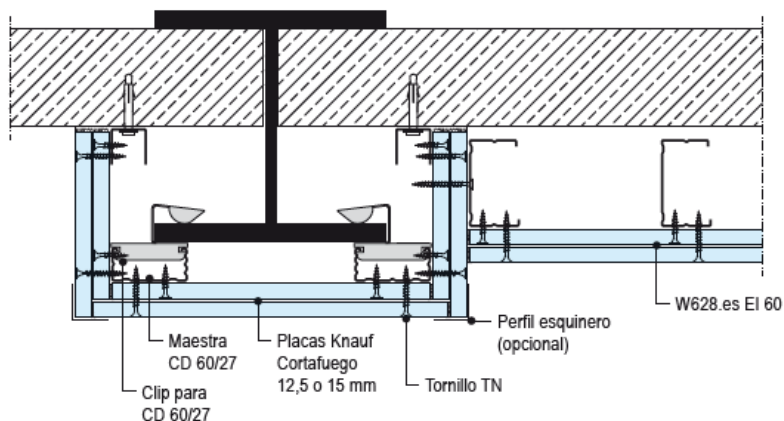


Detalles

medidas en mm

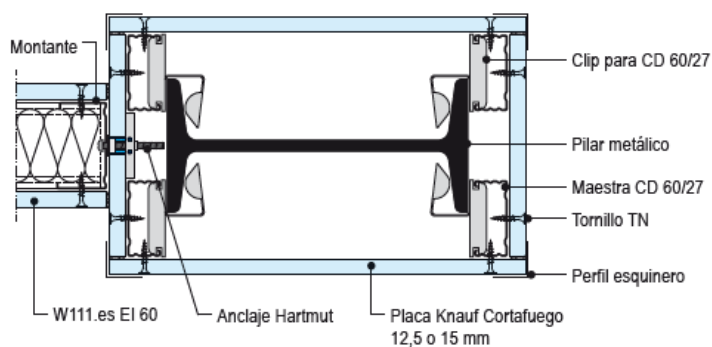
K253D.es-S1 Encuentro entre pilar metálico y trasdosado

Pilar con protección a 3 caras



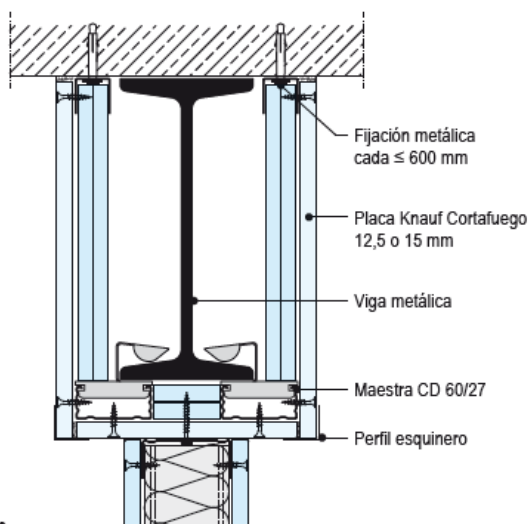
K253D.es-S2 Encuentro entre pilar metálico y tabique

Pilar con protección a 4 caras



K252D.es-S1 Encuentro entre viga metálica y tabique

Viga con protección a 3 caras





K25D.es Knauf Protección al fuego de vigas y pilares metálicos

Listado de materiales




Consumo de placa Cortafuego DF por metro

Sin tener en cuenta las pérdidas ni desperdicios

■ s/n= según necesidad

■ En cursiva: material no comercializado por Knauf

K252D.es - Protección de vigas		R90
1	■ Protección R 90 a 3 caras Viga IPN 240 4500 mm long. 27,5 mm (15+12,5) DF atornillado a maestra CD 60/27	
K253D.es - Protección de pilares		R90
2	■ Protección R 90 a 3 caras Pilar HEB 180 3500 mm long. 25 mm (2x12,5) DF atornillado a maestra CD 60/27	
3	■ Protección R 90 a 4 caras Pilar IPE 200 3500 mm long. 30 mm (2x15) DF atornillado a montante 48/35	

Descripción	Unidad	Cantidad promedio		
		K252D.es Viga	K253D.es Pilar	
				
		1	2	3
Perfil perimetral				
opc. Perfil U 30/30; 3 m largo	m	2	2	2
opc. Canal 48/30; 3 m largo				
opc. Maestra 60/27; 4 m largo	m	2	2	-
opc. Montante 48/35; 3 m largo		-	-	4
Clip para CD 60/27	ud	2,2	2,2	-
Utilizar fijaciones adecuadas para la protección al fuego requerida e.j. Fijación para forjado de hormigón	ud	3,4	3,4	-
Placas				
Knauf Cortafuego 12,5 o 15 mm (tiras)	m²	0,04	-	-
Knauf Cortafuego 12,5 mm		0,8	1,5	-
Knauf Cortafuego 15 mm	m²	0,8	-	2,2
Tornillos Knauf TN longitud según espesor de placas				
TN 3,5 x 25 mm	ud	30	30	30
TN 3,5 x 35 mm		-	30	-
TN 3,5 x 45 mm		30	-	30
TN 3,9 x 55 mm		-	-	-
Tratamiento de juntas				
Uniflott saco de 25 kg. o UniK, saco 20 kg. (Juntas)	kg	0,85	0,9	0,9
Cinta de papel para juntas	m	2,4	2,45	4,7
Perfil esquinero; 3 m largo	m	s/n	s/n	s/n

Fijación de placas Knauf Cortafuego con tornillos autoperforantes

Espesor de placas Cortafuego DF (mm)	Tornillo autoperforante TN (Deben penetrar en el perfil como mínimo 10 mm)	
	Espesor del perfil $\leq 0,7$ mm	Separación (mm)
12,5	TN 3,5 x 25	300
15	TN 3,5 x 25	300
25 (2x12,5)	TN 3,5 x 25 + TN 3,5 x 35	300
27,5 (15+12,5)	TN 3,5 x 25 + TN 3,5 x 45	300
30 (2x15)	TN 3,5 x 25 + TN 3,5 x 45	300
37,5 (3x12,5)	TN 3,5 x 25 + TN 3,5 x 35 + TN 3,9 x 55	300
40 (15+2x12,5)	TN 3,5 x 25 + TN 3,5 x 45 + TN 3,9 x 55	300
42,5 (2x15+12,5)	TN 3,5 x 25 + TN 3,5 x 45 + TN 3,9 x 55	300
45 (3x15)	TN 3,5 x 25 + TN 3,5 x 35 + TN 3,9 x 55	300

K25D.es Knauf Protección al fuego de vigas y pilares metálicos



Constitución, montaje, tratamiento de juntas y acabados

Constitución

El sistema K25D.es permite la protección al fuego de vigas y pilares metálicos a través de placas Knauf Cortafuego DF de 12,5 mm y 15 mm de espesor. El sistema consiste en recubrir estructuras metálicas con masividad $\leq 372 \text{ m}^3$ que requieran una protección al fuego entre R 15 y R180 minutos. Las placas Knauf Cortafuego son placas de yeso laminado mezclado con fibras de vidrio y clasificadas como A2-s1, d0. Por su composición y de acuerdo a la norma UNE-EN 520 están definidas como placas de yeso laminado Tipo DF, de densidad controlada y con la cohesión del alma mejorada a altas temperaturas.

El cálculo del espesor y número y total de placas Cortafuego dependerá del tiempo de protección, número de caras y de la masividad de cada perfil. La fijación de las placas se realiza a través de una estructura tipo maestra CD 60/27 o estructura de montantes y canales de acero galvanizado.

Montaje

K252D.es Protección al fuego de vigas metálicas

- En forjados de hormigón, fijar el perfil U 30/30/0,55 mm a través de una fijación metálica con una separación ≤ 600 mm. En otro tipo de estructuras, utilizar un anclaje con resistencia al fuego adecuado, homologado por el fabricante.
- Instalar el Clip para CD 60/27 con una separación máxima de 1000 mm en la parte del ala inferior de la viga (espesor ≤ 16 mm) y unir a presión los perfiles CD 60/27 contra el Clip.
- Atomillar las placas Cortafuego a la maestra CD 60/27 con tornillos autopercutores con una separación máxima de 300 mm. En la junta entre placas Knauf Cortafuego, la separación entre tornillos es cada 100 mm.
- Cuando se instala solamente una placa, detrás de las juntas de testa se debe colocar una tira de placa Cortafuego de espesor mín. 12,5 mm y ancho ≥ 100 mm, (pegada con pasta Knauf Uniflott o Knauf Unik de fraguado rápido). Si la protección incluye más de una placa, es suficiente contrapear las juntas ≥ 400 mm. Los sistemas con una sola placa deben incluir un perfil esquinero en los bordes.
- La placa con mayor espesor debe instalarse en primer lugar sobre los perfiles de acero.

K253D.es Protección al fuego de pilares metálicos

- Instalar el Clip para CD 60/27 con una separación máxima de 1000 mm a las alas del pilar. (espesor ≤ 16 mm).
- Colocar las maestras CD 60/27 a presión contra el Clip.
- Atomillar las placas Knauf Cortafuego a los perfiles con tornillos autopercutores con una separación ≤ 300 mm.
- Cuando se instala solamente una placa, detrás de las juntas de testa se deberá atomillar una maestra CD 60/27. Si hay más de una placa es suficiente contrapear las juntas como mínimo 400 mm. En todos los bordes se debe incluir un perfil esquinero.
- Cuando se utilicen montantes y canales, para el encuentro entre los dos perfiles utilizar tornillos LN 3,5x9 mm o LB 3,5 x 9,5 mm.

Tratamiento de juntas

Generalidades

Pasta de juntas

- Para el tratamiento de juntas se puede utilizar la gama de pastas Knauf Unik o la pasta de juntas Knauf Uniflott.

Tratamiento

- Cuando se instalen varias placas se deberá rellenar las juntas de las placas interiores.
- Todas las juntas visibles de la capa exterior deben llevar el tratamiento de juntas con la cinta de papel microperforado.
- También se deberá emplastecer la cabeza de los tornillos en las placas de la cara vista.
- Reforzar las esquinas y los ángulos con el perfil esquinero en los sistemas que incluyan solo una placa.

Juntas de encuentro

- Rellenar todas las juntas de encuentro de las placas con otros elementos constructivos según la necesidad para evitar posibles fisuras.

Recomendaciones: Es importante rellenar todas las juntas en los sistemas que incluyan varias capas de placa ya que puede alterar el comportamiento al fuego del elemento a proteger.

Temperatura ambiente

- El tratamiento de juntas no se debe realizar cuando se esperen grandes cambios de temperatura o humedad, ya que podrían provocar dilatación en las placas.
- No realizar el tratamiento de juntas con temperaturas inferiores a -10°C .

Acabados

Preparación

Antes de aplicar cualquier acabado, la superficie debe estar limpia y libre de polvo.

Se recomienda aplicar previamente una capa de imprimación recomendada según el fabricante y de acuerdo al tipo de acabado.

Acabados

Las placas Knauf Cortafuego pueden recibir los siguientes acabados:

- **Pinturas:** Dispersiones plásticas lavables, dispersiones con base de cuarzo, pinturas de colores, pinturas al óleo, lacas opacas, pintura con resinas, pinturas con base de álcalis, resinas de polímeros, lacas poliuretanas y lacas epóxicas.
- **Enlucidos minerales:** Cualquier tipo de emplastecido o enlucido mineral.
- **Tapizados:** Empapelados, empanelados moquetas textiles y plásticas. La cola debe ser de celulosa metilica. Después de su aplicación, se deberá airear el ambiente para permitir su correcto secado.

No se recomienda pintar con cal, silicato de potasa ni pinturas con silicatos.

Ciertas dispersiones con silicatos, se podrían utilizar con la recomendación expresa del fabricante. No utilizar pinturas con un pH mayor a 11,5.

Recomendación

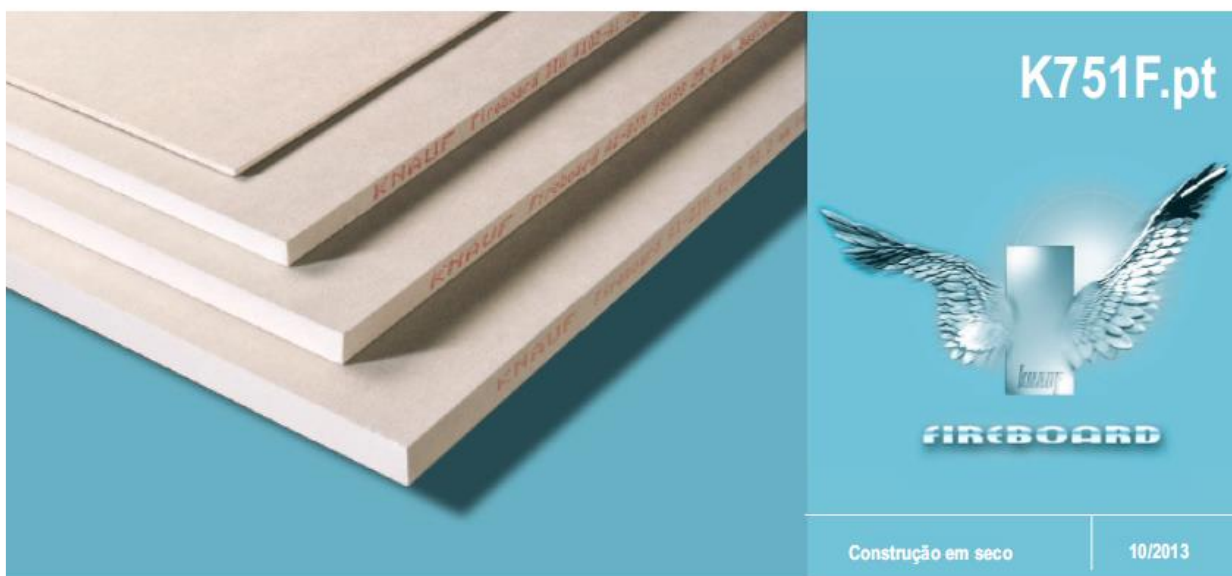
Las placas que estén expuestas directamente a los rayos de luz solar durante un tiempo prolongado pueden adquirir un color amarillento (oxidación), lo cual dificulta a la hora de pintar porque aparecen manchas que se transparentan.

Para evitar que esto ocurra se debe dar una capa de imprimación a las placas que van a estar durante mucho tiempo expuestas.

En caso de que existan placas afectadas por oxidación donde se haya afectado considerablemente el papel, se recomienda el uso de pinturas tixotrópicas, recomendadas para estos casos por el fabricante de pinturas e imprimaciones.

<p>Knauf Teléfono de contacto: ▶ Tel.: 902 440 460 ▶ Fax: 91 766 13 35 ▶ www.knauf.es</p>	<p>Sistemas de Construcción en Seco Avenida de Burgos, 114 Planta 6ª, 28050 Madrid</p>
<p>K25D.es/esp./03.20/ES Código: 314663</p>	<p>La documentación técnica está sujeta a constantes actualizaciones, es necesario consultar siempre la última versión desde nuestra página Web. www.knauf.es</p> <p><small>Todos los derechos reservados. Prohibida la reproducción total o parcial, sin la autorización de Knauf GmbH España. Garantizamos la calidad de nuestros productos. Los datos técnicos, físicos y demás propiedades consignados en esta hoja técnica, son resultado de nuestra experiencia utilizando sistemas Knauf y todos sus componentes que conforman un sistema integral. Los datos de consumo, cantidades y forma de trabajo, provienen de nuestra experiencia en el montaje, pero se encuentran sujetos a variaciones, que puedan provenir debido a diferentes técnicas de montaje, etc. Por la dificultad que entraña, no ha sido posible tener en cuenta todas las normas de la edificación, regias, decretos y demás escritos que pudieran afectar al sistema. Cualquier cambio en las condiciones de montaje, utilización de otro tipo de material o variación con relación a las condiciones bajo las cuales ha sido ensayado el sistema, puede alterar su comportamiento y en este caso, Knauf no se hace responsable del resultado de las consecuencias del mismo.</small></p> <p>Las características constructivas, estáticas y físicas de los sistemas Knauf, solamente pueden ser conseguidas y garantizadas, utilizando materiales comercializados por Knauf y siguiendo las indicaciones de montaje de nuestras hojas técnicas.</p>

ANEXO – D: CATÁLOGO KNAUF FIREBOARD GM-F



K751.pt Knauf Fireboard GM-F

Placa Especial, classificada A1, para altas prestações contra fogo

Descrição do produto	Campo de uso	Propriedades
<ul style="list-style-type: none">• Tipo de placa: UNE EN 15283-1 GM-F• Cor de papel (face visível): Cinza escuro• Tinta de rótulo vermelha <p>Medidas</p> <p>Placa de 12,5 mm.: • 2000x1200</p> <p>Placa de 15 mm. • 2500x1200; 2600x1200</p> <p>Placa de 20 mm. • 2000x1200</p> <p>Placa de 25 mm. • 2000x1200</p> <p>Outras medidas: sob consulta</p> <p>Armazenagem</p> <p>Em locais secos, em paletes.</p>	<p>As placas Knauf Fireboard podem ser utilizadas em qualquer campo, em interiores, como placas de fecho dos sistemas de construção em seco, onde se pretenda uma maior resistência ao fogo.</p> <p><u>Sistemas:</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Tetos fixos e suspensos.• Paredes com estrutura metálica.• Forros de parede diretos.• Forros de paredes autoportantes.• Revestimento de vigas e pilares metálicos.• Conduatas de ventilação. <p>Knauf Fireboard em barcos: As placas Knauf Fireboard possuem o certificado Nº 107.052 de aptidão para seu uso em navios.</p> 	<ul style="list-style-type: none">• Boa coesão do gesso a altas temperaturas• Fácil de trabalhar.• Incombustível.• Baixo peso.• Pouca retração e dilatação com as variações climáticas.• Resistente aos arcos voltaicos.

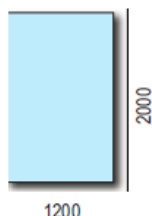
K751.es Knauf Fireboard GM-F

Placa especial para sistemas de construção em seco



Dados técnicos

■ Formato de placas (en mm)



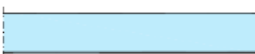
■ Tipos de bordes

- Longitudinal: revestido com cartão **BC**



■ Tipos de bordes

- Transversal: sem cartão **BCO**

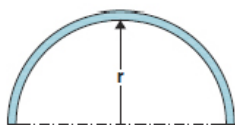


■ Tolerâncias s/ UNE EN 15283-1

- Largura	+0 / -4 mm
- Comprimentos	+0 / -5 mm
- Espessura:	
Placa 12,5 e 15 mm.	+0,7 / -0,7 mm
Placa 20 mm.	+0,8 / -0,8 mm
Placa 25 mm.	+1,0 / -1,0 mm
- Ortogonalidade	≤2,5 mm / m

■ Raio mínimo de curvatura (curvado em seco)

Espessura da placa mm	Raio mínimo de curvatura em m.
12,5	4
15	7
20	10
25	25



Placa tipo

Placa tipo	Cortafogo GM-F	UNE EN 15283-1		
Reação ao fogo UNE EN 13501-1	A1			
Fator de resistência ao vapor de água μ		UNE EN ISO 10456		
■ Seco	10			
■ Humido	4			
Condutividade térmica λ	W/(m.K)	0,23		
UNE EN ISO 10456				
Dilatação e retração				
■ Por 1% de variação de H rel. A.:	mm/m	0,005 - 0,008		
■ Por $^{\circ}\text{K}$ de variação de temperatura	mm/m	0,013 - 0,02		
Densidade	kg/m ³	≥ 780		
Medidas:				
■ Espessuras.	mm	12,5, 15, 20, 25		
■ Largura.	mm	1200		
■ Comprimentos	mm.	Várias		
Peso:				
■ Placa de 12,5 mm.	kg/m ²	ap. 10,5		
■ Placa de 15 mm.	kg/m ²	ap. 12,0		
■ Placa de 20 mm.	kg/m ²	ap. 15,8		
■ Placa de 25 mm.	kg/m ²	ap. 20,0		
Resist. característica a compressão $f_{c,90,K}$ (da própria placa)	N/mm ²	≥ 5,5		
		DIN 1052		
Temperatura máxima de uso	$^{\circ}\text{C}$	≤ 50 (pontualmente até 60)		
Carga de ruptura na flexão (N) UNE EN 520				
Placa tipo	12,5 mm	15 mm	20 mm	25 mm
■ longitudinal:	≥ 538	≥ 645	≥ 860	≥ 1075
■ transversal:	≥ 210	≥ 252	≥ 336	≥ 420

As placas de Gesso Laminado, ao absorver água, aumentam seu peso. Com um aumento de 10% do seu peso, perdem 70% da sua resistência.

Esta placa não tem tratamento hidrófugo. Em contato com a água, demora 2 hs., a aumentar o seu peso em 10%.

Knauf

Apoio ao cliente:
Tel.: 707.50.33.20
Fax.: 217.11.27.59

www.Knauf.pt

Código: xxxxxxxxxx
Edición: 10/2013

Knauf GmbH España, Av. de Manoteras, 10 - edificio C - 28050 Madrid

As chamadas desde telemóvel ou internacionais são o custo fixado pela operadora.
Importante! A última edição desta ficha técnica encontra-se no nossa página web, Consultar www.knauf.pt

Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução total ou parcial, sem a autorização de Knauf GmbH Espanha. Garantimos a qualidade dos nossos produtos. Os dados técnicos, físicos e demais propriedades consignadas nesta folha técnica, são o resultado da nossa experiência utilizando sistemas Knauf e todos os seus componentes que formam um sistema integral. Os dados de rendimento, quantidades e modo de aplicação, provém da nossa experiência em montagem, no entanto encontram-se sujeitos a variações que podem surgir devido a diferentes técnicas de montagem, etc. Pela dificuldade que comporta, não foi possível ter em conta todas as normas de construção, regras, decretos e demais escritos que possam afetar o sistema. Estas normas de utilização devem ser tidas em conta por quem faça uso do sistema. Qualquer alteração nas condições de montagem, utilização de outro tipo de material, ou variação nas condições sob as quais o sistema foi testado, pode alterar o seu comportamento e neste caso, a Knauf não se responsabiliza pelo resultado das consequências do mesmo.

As características e propriedades estáticas e físicas dos sistemas Knauf somente podem ser garantidas, utilizando materiais comercializados pela Knauf GmbH e seguindo as indicações de montagem dos nossos folhetos técnicos.



ANEXO – E: CATÁLOGO EXUVENT TECWOOL



Soluções de Desenfumagem,
Iluminação Natural e Compartimentação

EXUVENT.TECWOOL F

DESCRIÇÃO

Exuvent.Tecwool® F é uma argamassa projetada de lã de rocha e cimento e concebida especificamente para a proteção contra o fogo de todo o tipo de estruturas e revestimentos presentes nas obras.

ENSAIOS

Exuvent.Tecwool® F foi ensaiado em laboratórios oficiais e acreditados pela ENAC e outras entidades internacionais similares e conforme normativas EN, ASTM e outras.

Encontra-se também testada de acordo com a especialmente exigente curva Americana UL.



FIGURA 1— ESTRUTURAS METÁLICAS



FIGURA 2— CONDUTAS

ACABAMENTO:

• A solução Exuvent.Tecwool® F pode proporcionar diferentes acabamentos:

Rugoso, liso, pintado, etc. em função da estética requerida.

Para um acabamento liso deve-se passar um rolo de pintura uma vez terminada a projeção e pressionar levemente a argamassa húmida até conseguir o acabamento desejado.

É possível pintar a argamassa com revestimentos acrílicos elásticos que formem uma barreira à passagem do vapor de água; antes de proceder à pintura há que assegurar que a argamassa está completamente seca (aproximadamente 28 dias).

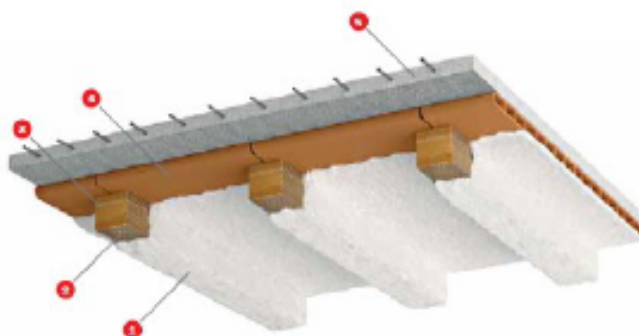
Reação ao fogo:

Não combustível/ Euroclasse A1. (de acordo com a EN 13501-1):



Soluções de Desenfumagem,
Iluminação Natural e Compartimentação

EXUVENT.TECWOOL F



LAJE DE CERÂMICA E VIGAS DE MADEIRA:

1. Exuvent.Tecwool® F (23 mm de espessura)
2. Malha metálica.
3. Viga de madeira.
4. Laje de cerâmica.
5. Camada de pavimento (compressão) de 50 mm de espessura.

APLICAÇÕES:

Proteção de estruturas metálicas (figura 1);

Proteção de condutas (figura 2);

Proteção de lajes de cerâmica e vigas de madeira (figura 3);

Contacte-nos para outras aplicações.

INSTRUÇÕES DE APLICAÇÃO:

Máquina de aplicação:

O processo de projeção deverá ser realizado com uma máquina adequada, esta impulsiona a argamassa Exuvent.Tecwool® F a seco pela mangueira até à boca e aqui é onde se realiza a mistura com abundante água pulverizada, para proceder posteriormente a sua aplicação.

Antes da aplicação:

Antes de aplicar a argamassa sobre qualquer superfície, devemos ter em conta as seguintes considerações:

A superfície a proteger estará limpa de pó, óleos, resíduos, partículas mal aderidas, restos de pintura, etc.

É conveniente dar uma ligeira passagem de água na mangueira de aplicação para assim se eliminar a sujidade que possa ter o revestimento. Esta pulverização, também servirá para que se alcance um equilíbrio térmico entre a argamassa e a superfície

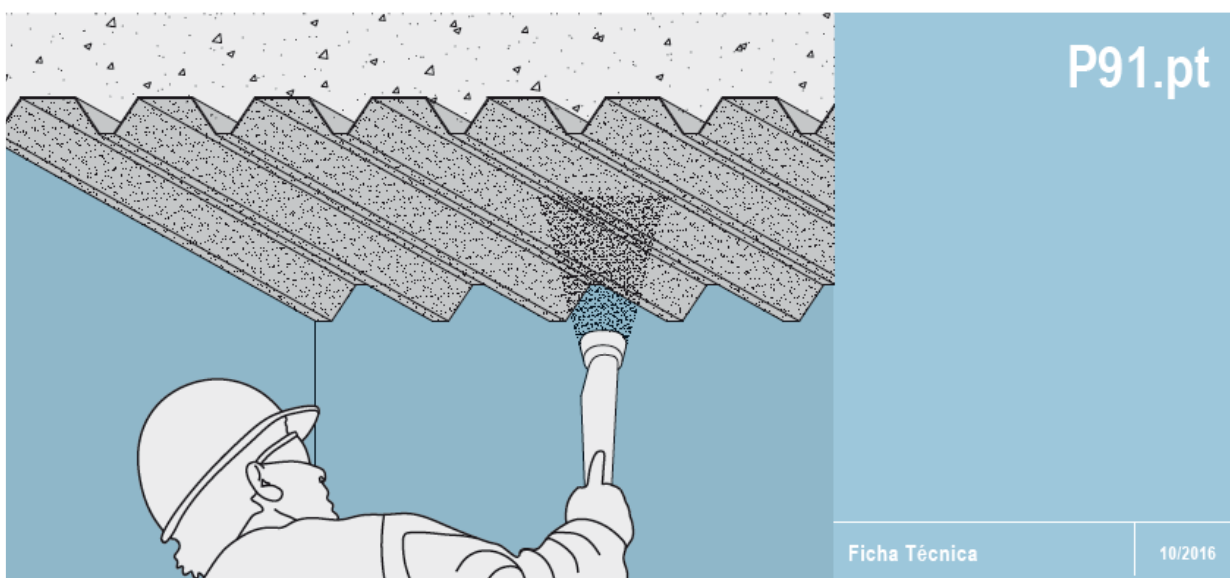
CUIDADOS:

Exuvent.Tecwool® F é fabricado com componentes inorgânicos como lâ de rocha, classificada segundo a Diretiva Europeia 67/548 CEE, como Xi; R.38 (sustâncias isentas de risco para a saúde).

Não é tóxica ou patogénica, não contém amianto e sílica cristalina em estado livre e não é afetada por crescimento de fungos.

Exuvent—Soluções de desenfumagem e ventilação naturais, Lda | selagens@exuvent.pt | www.exuvent.pt | tel.: 214 263 964

ANEXO - F: CATÁLOGO VERMIPLASTER 911A – KNAUF



P91.pt **Knauf VERMIPLASTER®** Proteção ao fogo

P911a.pt - Proteção de estruturas metálicas (vigas e pilares)

P911b.pt - Proteção de vigas e pilares de betão


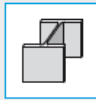

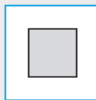

P911c.pt - Proteção de lajes e muros de betão

P911d.pt - Proteção de lajes mistas de betão e chapa colaborante

P91.pt Knauf VERMIPLASTER®

Índice



		Página
Sistemas com proteção ao fogo		
Proteção de estruturas de aço	 Vigas	Descrição do produto / Dados técnicos 2
	 Pilares	Cálculo do factor de massividade 3 Tabela do factor de massividade para vigas e pilares de aço 4 Proteção ao fogo de vigas e pilares metálicos 5
Proteção de elementos de betão	 Viga de betão	Proteção ao fogo de vigas de betão 6
	 Pilar de betão	Proteção ao fogo de pilares de betão 7
	 Lajes e muros de betão	Proteção ao fogo de lajes e muros de betão 8, 9
Proteção de sistemas mistos	 Lajes mistas de betão e chapa colaborante	Proteção de lajes mistas de betão e chapa colaborante 10
Informação Geral		Consumo / Dados técnicos / Certificação 11 Finalidade de uso / Preparação, aplicação e controlo de qualidade 12

Descrição do produto

VERMIPLASTER® é uma argamassa em pó de grão fino tendo como base de fabrico Sulfato cálcico aligeirado com minerais expandidos e vários aditivos para facilitar a sua aplicação e melhorar o desempenho. A sua aplicação realiza-se com máquinas de projectar, amassando o produto com água porporção de 0,7 a 0,9 l/kg. Depois de aplicada e endurecida a argamassa

forma um revestimento contínuo, garantindo uma camada totalmente aderida ao elemento de suporte sobre o qual foi aplicada. A finalidade deste produto é de incrementar a resistência ao fogo dos elementos construtivos compostos pelo: betão, estruturas de aço e chapa de aço galvanizado.

Dependendo do sistema sobre o qual se aplica, a espessura pode variar entre 6 e 36 mm e tem um

consumo aproximado de 6,5 a 7,0 Kg/m² por cm de espessura.

O produto VERMIPLASTER® possui o Documento de Idoneidade Técnica Europeu DITE 11/0229.

Embalagem

Comercializa-se em sacos de 20 Kg
Código: 000416556

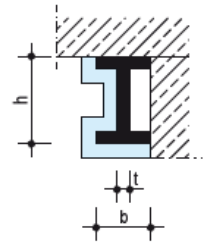

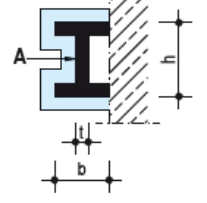
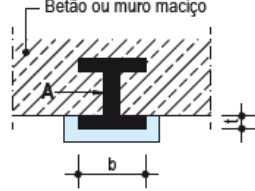
Dados Técnicos

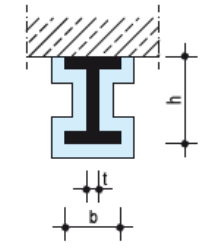
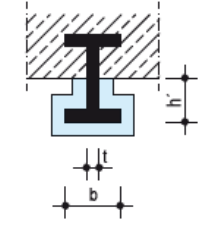
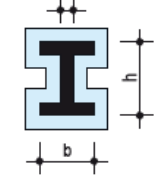
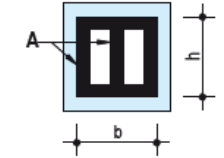
Cor	branco
Densidade	530 kg/m ³
Consumo médio	6,5 - 7 kg/cm ²
Água de amassar	73 %
Tempo de início de secagem	0:30 - 1:45
Fim de secagem	2:30 - 4:15
pH	12 - 13
Coefficiente de difusão ao vapor de água μ	8
Resistência à flexotração	0,9 MPa
Resistência à compressão	5 MPa
Reação ao fogo	A1

2

Cálculo de factor de massividade para estruturas metálicas: Vigas e pilares

Esquema de aplicação

Formas construtivas	Direção do fogo	U/A
Desenho		
b, h e t em cm, área em cm ²		m ⁻¹
<p>Viga</p> 	2 - lados	$\frac{2b + h - t}{A} \cdot 100$
<p>Viga</p>  <p>Betão ou muro maciço</p>	3 - lados	$\frac{100}{t}$
<p>Pilar ou viga</p> 	3 - lados	$\frac{3b + h - t}{A} \cdot 100$
<p>Viga</p>  <p>Betão ou muro maciço</p>	3 - lados	$\frac{b + 2t}{A} \cdot 100$

Formas construtivas	Direção do fogo	U/A
Desenho		
b, h e t em cm, área em cm ²		m ⁻¹
<p>Viga</p> 	3 - lados	$\frac{3b + 2h - 2t}{A} \cdot 100$
<p>Viga</p> 	3 - lados	$\frac{2b + 2h - t}{A} \cdot 100$
<p>Pilar ou viga</p> 	4 - lados	$\frac{4b + 2h - 2t}{A} \cdot 100$
<p>Pilar ou viga</p> 	4 - lados	$\frac{2b + 2h}{A} \cdot 100$



P91.pt Knauf VERMIPLASTER®
 P911a.pt Proteção de estruturas metálicas (vigas e pilares)



Perfis estruturais		Tabela de massividade da seção transversal para vigas e pilares de aço de acordo ao número de lados (m ⁻¹)					
<p>Hp= Perímetro exposto ao fogo (m) A= Área da seção transversal do perfil (m²)</p> <p>A espessura da proteção ao fogo de um perfil calcula-se tendo em conta o fator de forma. Hp/A e a disposição do perfil na obra.</p>	<p>Tipo de perfil</p> <p>IPN</p>	Nº de lados		<p>Tipo de perfil</p> <p>HEA</p>	Nº de lados		
		3 lados	4 lados		3 lados	4 lados	
	80	345,6	401,1	100	217,9	264,6	
	100	301,9	349,1	120	220,2	267,6	
	120	268,3	309,2	140	208,3	252,9	
	140	238,3	274,3	160	189,7	233,5	
	160	219,7	252,2	180	185,4	225,2	
	180	200,1	229,4	200	174,7	211,9	
	200	184,8	211,6	220	161,7	196,0	
	220	171,1	195,7	240	147,1	178,4	
	240	160,1	183,1	260	140,6	170,5	
	260	148,5	169,7	280	135,7	164,4	
	280	138,6	158,1	300	126,2	152,9	
	300	131,1	149,1	320	117,4	141,5	
	320	123,3	140,1	340	111,6	134,1	
	340	116,7	132,5	360	107,1	128,2	
	360	109,9	124,6	400	101,3	120,1	
	380	104,8	118,7	450	96,1	112,9	
	400	99,6	112,7	500	91,6	106,8	
	425	94,5	106,8	550	90,2	104,3	
	450	89,1	100,7	600	88,7	102,0	
	475	84,2	95,1				
	500	80,3	90,6				
	550	75,1	84,5				
	600	67,1	75,6				

Tabela de massividade da seção transversal para vigas e pilares de aço de acordo ao número de lados (m ⁻¹)									
<p>Tipo de perfil</p> <p>HEB</p>	Nº de lados		<p>Tipo de perfil</p> <p>HEM</p>	Nº de lados		<p>Tipo de perfil</p> <p>IPE</p>	Nº de lados		
	3 lados	4 lados		3 lados	4 lados		3 lados	4 lados	
	100	179,6	218,1	100	96,4	116,4	80	370,4	430,6
	120	166,5	201,8	120	92,2	111,1	100	335,9	389,3
	140	154,7	187,2	140	85,5	103,6	120	310,6	359,1
	160	139,6	169,1	160	82,8	99,9	140	290,9	335,4
	180	130,2	157,7	180	79,8	96,2	160	268,7	309,5
	200	121,6	147,2	200	75,7	91,4	180	254,1	292,1
	220	115,4	139,6	220	73,2	88,4	200	234,4	269,5
	240	107,5	130,2	240	60,7	73,1	220	221,1	253,9
	260	104,7	126,7	260	59,3	71,5	240	204,9	235,5
	280	102,1	123,3	280	58,4	70,4	270	197,2	226,6
	300	95,9	116,1	300	50,1	60,4	300	187,7	215,6
	320	91,1	109,7	320	50,0	59,9	330	174,1	199,7
	340	88,4	105,9	340	50,4	60,2	360	162,3	185,7
	360	85,8	102,4	360	50,9	60,5	400	152,7	174,1
	400	82,4	97,6	400	52,1	61,4	450	143,7	163,1
	450	77,5	91,3	450	53,5	62,6	500	132,8	150,1
	500	76,3	88,9	500	54,4	63,3	550	124,6	140,5
	550	75,6	87,4	550	55,7	64,3	600	115,4	129,5
	600	74,8	85,9	600	56,8	65,2			

4



P91.pt Knauf VERMIPLASTER®

P911a.pt Proteção de estruturas metálicas (vigas e pilares)



Espessura de VERMIPLASTER® segundo massividade

A espessura necessária de VERMIPLASTER® depende do valor da massividade calculada segundo a secção do perfil (m²), da temperatura crítica do aço [° C] e da resistência ao fogo (R) exigida no projeto.

Factor de massividade (m ²)	R15 min	R30 min	R60 min	R90 min	R120 min
	T [° C]	T [° C]	T [° C]	T [° C]	T [° C]
	500	500	500	500	500
≤ 60			8	12	15
70					16
80			9	13	18
90				14	19
100			10	15	20
110		6		16	21
120			11	17	22
130				18	23
140			12	19	24
150				20	25
160			13	21	26
170				22	27
180			14	23	28
190		7		24	29
200			15	25	30
210				26	31
220			16	27	32
230				28	33
240			17	29	34
250				30	35
260			18		36
270	6		19		
280		8	20		
290					
300			21		
310					
320			22		
330					
340		9	23		
350		10			
360			24		
370					
380			25		
390					
400		11	26		
410					
420			27		
430					
440			28		
450					
460			29		
470					
480			30		
490					
500		12			
510	7				
520			23		
530					
540					



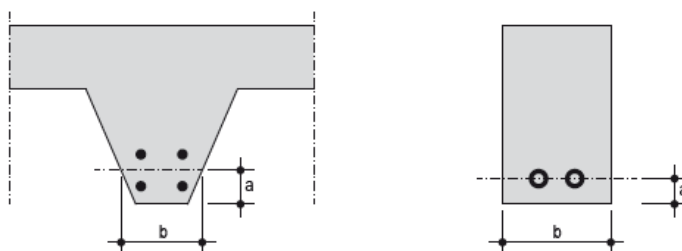
P91.pt Knauf VERMIPLASTER®

P911b.pt Proteção ao fogo de vigas de betão



Vigas de betão

Na tabela C.3 do anexo C do regulamento pode-se obter a resistência ao fogo das seções de vigas com três lados expostos ao fogo, tendo em conta a largura mínima interior ($b_{0,min}$) e o revestimento da armadura (a_m).



Resistência ao fogo de vigas com três lados expostos ao fogo

Tabela C.3 Vigas com tres lados expostos ao fogo⁽¹⁾

Resistência ao fogo normalizado	Dimensão mínima b_{min} / Distância mínima equivalente ao eixo a_m (mm)				Largura mínima ⁽²⁾ do interior $b_{0,min}$ (mm)
	Opção 1	Opção 2	Opção 3	Opção 4	
R 30	-	-	200 / 10	-	80
R 60	-	150 / 25	200 / 20	-	100
R 90	150 / 40	200 / 35	250 / 30	400 / 25	100
R 120	200 / 50	250 / 45	300 / 40	500 / 35	120
R 180	300 / 75	350 / 65	400 / 60	600 / 50	140

⁽¹⁾ Os revestimentos por exigências de durabilidade podem necessitar de valores superiores.

⁽²⁾ Devem ter um comprimento igual a duas vezes o canto da viga, a cada lado dos elementos de sustentação da viga.

Para vigas expostas a 4 lados, além das condições da tabela C.3, deve-se verificar que a área da seção transversal do elemento a proteger no seja inferior a $2(b_{min})^2$.

Valores de espessura equivalente

Espessura aplicada de VERMIPLASTER®	Espessura equivalente do betão (mm)				
	Tempo (min)				
	30	60	90	120	180
$d_p min = 6,9$ mm Espessura valor médio aplicado	13	26	27	26	-
$d_p min = 18,5$ mm Espessura valor médio aplicado	33	46	59	64	60

Tabela extraída do ensaio N° 6766/04 conforme a norma UNE ENV 13381-3.

De acordo com o ensaio realizado, obtiveram-se os valores de VERMIPLASTER® que são equivalentes a uma espessura de betão (diferente para cada resistência ao fogo). Da tabela C.3 deve obter-se o incremento necessário de betão para melhorar a resistência ao fogo da viga. A espessura de VERMIPLASTER® a aplicar será entre 6,9 mm e 18,5 mm.

Exemplo de cálculo:

Temos uma viga de 3,0 m. de comprimento, largura de 150 mm. e revestimento de armaduras $a = 40$ mm.

É necessário uma R= 120 min.

Para proteger uma viga de betão armado, deve-se realizar o seguinte cálculo:

- Da tabela C.3 obtemos que a resistência ao fogo da viga é R= 90 min.
- Para R 120 min., precisamos de aumentar a viga até 200 mm. e além disso, convém ter em conta como mínimo um revestimento de armaduras de 50 mm. Ou seja, é preciso adicionar 50 mm. de betão ou o seu equivalente com VERMIPLASTER®.
- Da tabela obtida do ensaio obtemos que a espessura de 50 mm. de betão, consegue-se para R 120 min. com 18,5 mm. de VERMIPLASTER®.
- Permite-se interpolar valores entre o máximo e o mínimo, mas não se pode extrapolar.



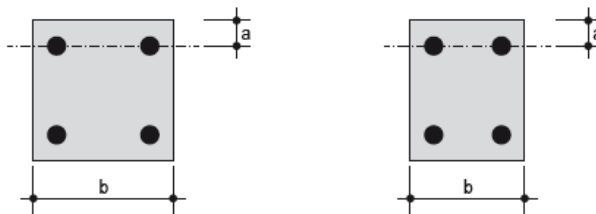
P91.pt Knauf VERMIPLASTER®

P911b.pt Proteção ao fogo de pilares de betão



Pilares de betão

Para suportes e muros de betão no regulamento o anexo C do DB-SI mostra a tabela C.2. as resistências ao fogo dos elementos a compressão expostos a três e quatro lados, em função da largura mínima do pilar (b_{min}) e do revestimento das suas armaduras (a_m) na face exposta ao fogo.



Resistência ao fogo de elementos a compressão

Tabela C.2. Elementos a compressão

Resistência ao fogo	Lado menor ou largura b_{min} / Distância mínima equivalente ao eixo a_m (mm) ⁽¹⁾
	Suportes
R 30	150 / 15 ⁽²⁾
R 60	200 / 20 ⁽²⁾
R 90	250 / 30
R 120	250 / 40
R 180	350 / 45

⁽¹⁾ Os revestimentos por exigências de durabilidade podem necessitar de valores superiores.

⁽²⁾ Os suportes executados na obra devem ter, de acordo com a Instrução EHE, uma dimensão mínima de 250 mm.

A resistência ao fogo apresentada pode ser considerada REI.

Exemplo de cálculo:

Temos um pilar de 200 x 250 mm. e revestimento de armaduras $a = 20$ mm. É necessário uma $R = 90$ min.

Para proteger um pilar de betão armado, deve-se realizar o seguinte cálculo:

- Da tabela C.2. obtemos a resistência ao fogo do pilar é $R = 60$ min.

- Para $R 90$ min., precisamos de aumentar o pilar até 250 mm. e além disso, convém ter em conta que haverá como mínimo um revestimento de armaduras de 30 mm. Ou seja, é preciso adicionar 50 mm. de Betão, ou o seu equivalente com VERMIPLASTER®.

- Da tabela adquerida do ensaio obtém-se que a espessura: equivalente a 50 mm. de betão para $R 90$ min. obtém-se, pela interpolação (entre 6,9 e 18,5 mm), com 15,3 mm. de VERMIPLASTER®.

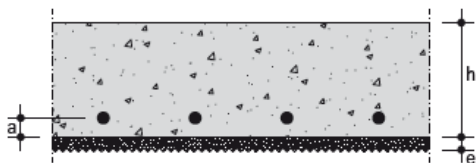
- Permite-se interpolar valores entre o máximo e o mínimo, mas não extrapolar.

Limitações para a aplicação de VERMIPLASTER® sobre vigas e pilares de betão

As limitações para a aplicação obtidas dos resultados, foram as seguintes:

- Resultados válidos unicamente para vigas e pilares de betão quer na posição horizontal quer na vertical, expostas a mais de uma face.
- Somente válido para densidades de betão dentro do intervalo 2025 kg/m³ a 2740 kg/m³.
- Resultado aplicável a betões com tensões de rotura a compressão iguais ou maiores aos ensaiados. 50,0 N/mm² aos 28 dias.
- Resultado aplicável para vigas de largura na sua base igual a maior de 150 mm.

Secção da laje de betão com VERMIPLASTER®



e= Espessura de VERMIPLASTER®
h= Altura da laje
a= Distância entre o centro de gravidade da armadura e a cara inferior da laje

Resistência ao fogo de lajes maciças

Tabela C.4. Lajes maciças

Resistência ao fogo	Espessura mínima h_{min} (mm)	Distância mínima equivalente ao eixo a_m (mm) ⁽¹⁾		
		Flexão numa direção h (mm)	Flexão numa direção l_y/l_x ⁽²⁾ $\leq 1,5$	$1,5 < l_y/l_x$ ⁽²⁾ ≤ 2
REI 30	60	10	10	10
REI 60	80	20	10	20
REI 90	100	25	15	25
REI 120	120	35	20	30
REI 180	150	50	30	40
REI 240	175	60	50	50

⁽¹⁾ Os revestimentos pelas exigências de durabilidade poderão precisar de valores superiores.

⁽²⁾ l_x e l_y são as luzes da laje, sendo $l_y > l_x$.

Valores de espessura equivalente

Espessura aplicada de VERMIPLASTER®	Espessura equivalente do betão (mm)					
	Tempo (min)					
	30	60	90	120	180	240
$d_{pmin} = 10,6$ mm Espessura valor médio aplicado	29	37	41	41	40	39
$d_{pmax} = 20,1$ mm Espessura valor médio aplicado	43	54	64	68	72	73

Tabela extraída do ensaio N° 6149/03 conforme a norma UNE EN 13381-3.

De acordo ao ensaio realizado, obtiveram-se os valores de VERMIPLASTER® que são equivalentes a uma espessura de betão (diferente para cada resistência ao fogo). Da tabela C.4 deve obter-se o incremento necessário de betão para melhorar a resistência ao fogo da laje ou muro de betão. A espessura de VERMIPLASTER® aplicado estará entre 10,6 e 20,1 mm.



P91.pt Knauf VERMIPLASTER®

P911c.pt Proteção de lajes e muros de betão



Proteção ao fogo de lajes e muros de betão

Espessura mínimo de VERMIPLASTER® considerando a integridade e isolamento térmico (EI)					
Espessura total da laje de betão h (mm)	Espessura mínima de aplicação de VERMIPLASTER® e (mm)				
	Classificação EI				
	EI 60	EI 90	EI 120	EI 180	EI 240
40 - 60	12,5	19,2	-	-	-
61 - 80	10,6	10,6	17,3	-	-
81 - 100	0	10,6	10,6	19,2	-
101 - 110	0	0	10,6	12,5	-
111 - 120	0	0	10,6	10,6	17,3
121 - 130	0	0	0	10,6	14,4
131 - 140	0	0	0	10,6	11,6
141 - 160	0	0	0	10,6	10,6
161 - 175	0	0	0	0	10,6
> 175	0	0	0	0	10,6

Espessura mínima de VERMIPLASTER® considerando a capacidade portante (R)					
Distâncias total a (mm)	Espessura mínima de aplicação de VERMIPLASTER® e (mm)				
	Classificação R				
	R 60	R 90	R 120	R 180	R 240
1 - 10	10,6	10,6	10,6	12,5	16,4
11 - 20	10,6	10,6	10,6	10,6	13,5
21 - 30	0	10,6	10,6	10,6	10,6
31 - 40	0	0	10,6	10,6	10,6
41 - 50	0	0	0	10,6	10,6
51 - 60	0	0	0	0	10,6
> 60	0	0	0	0	0

a= Distância entre o centro de gravidade da armadura e o lado inferior da laje

De acordo com ensaio realizado N° 6149/03-2 em conformidade com a norma UNE ENV 13381-3

Ejemplo de cálculo:

Para proteger uma laje de betão armado, deve-se realizar o seguinte procedimento:

- Determinar a resistência ao fogo exigida.
- Obter os valores "h" e "a" da laje original. Da tabela C4 do anexo C do regulamento, obter-se os valores da espessura necessária para a resistência ao fogo exigida, em função da espessura total da laje e do revestimento da armadura.
- Do ensaio de laboratório, obter-se o valor do revestimento equivalente "e" de VERMIPLASTER® necessário para complementar a espessura da laje.
- Nas tabelas indicam-se as espessuras já calculadas de VERMIPLASTER® que devem ser aplicadas para cada resistência ao fogo.

Para uma proteção REI deve aplicar-se o valor maior de espessura indicada na primeira tabela com classificação EI e a segunda que considera o critério R.

Limitações para a aplicação do VERMIPLASTER® sobre lajes e muros de betão

- Para proteção de lajes e muros de betão com exposição ao fogo por uma face.
- Somente válido para densidades do betão entre 1908,25 e 2662,25 kg/m³.
- Resultado aplicável a lajes de espessura ≥ 120 mm.

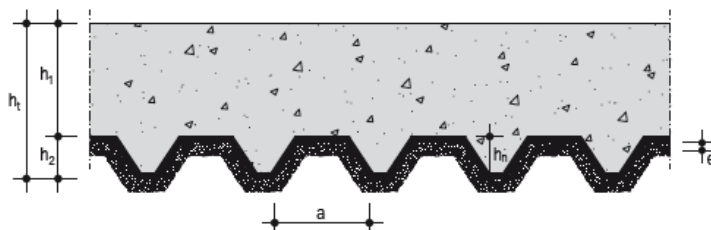


P91.pt Knauf VERMIPLASTER®

P911d.pt Proteção ao fogo de lajes mistas de betão e chapa colaborante



Secção de laje mista com VERMIPLASTER®



$h/t = h/1 + h/2$
 h/t = Altura da laje mista
 e = Espessura de VERMIPLASTER®
 a = Abertura do nervo
 h/n = Altura do nervo

Espessura mínima de aplicação de VERMIPLASTER® (mm)

Espessura total da laje mista h_t (mm)	Temperatura crítica da chapa de aço: 350 °C			
	Classificação REI (min)			
	REI 30	REI 60	REI 90	REI 120
100	11	15	19	24
110	11	15	19	24
120	11	15	19	24
130	11	15	19	24
140	11	15	19	24
150	11	15	19	24
160	11	15	19	24
170	11	15	19	24
180	11	15	19	24
190	11	15	19	24
200	11	15	19	24
210	11	15	19	24
220	11	15	19	24
230	11	15	19	24
240	11	15	19	24
250	11	15	19	24
260	11	15	19	24
270	11	15	19	24
280	11	15	19	24

Limitações para a aplicação do VERMIPLASTER® sobre lajes mistas de betão e chapa colaborante

- Os resultados do ensaio são aplicáveis a lajes mistas de betão e chapa colaborante com exposição ao fogo pelo lado do aço e ao abrigo de uma série de condições:

A chapa colaborante deve ter uma espessura $e \geq 1$ mm

A abertura máxima do nervo deve ser $a \leq 135$ mm

A altura da ramificação deve ser $h/n \leq 88,5$ mm

- Condicionado para lajes mistas com densidade do betão entre 2014 e 2726 kg/m³.

- É válido para betões com resistência $\geq 33,8$ Mpa a 28 dias.

- A proteção com VERMIPLASTER® está limitada a lajes compostas de betão/aço nos quais a espessura da laje seja igual ou maior à laje ensaiada (80,3 mm).

P91.pt Knauf VERMIPLASTER®

Consumo de material / Dados Técnicos / Certificação



Consumo	
O consumo aproximado de VERMIPLASTER® é de 6,5 - 7,0 Kg/m² por cada centímetro de espessura aplicado	

Dados Técnicos			
Reação ao fogo			
Classificação ao fogo	A1	Incombustível	Norma UNE EN 13501-1
* Sem necessidade de ensaios devido a sua composição			

Resistência ao fogo			
Segundo sistema	Espessura da proteção	Classificação	Norma
Estruturas de aço	6 a 35 mm	R 15 a R 120	UNE ENV 13381-4
Vigas e pilares de betão	6,9 a 18,5 mm	R 30 a R 180	UNE ENV 13381-3
Laje e muro de betão	10,6 a 19,2 mm	REI 30 a REI 240	UNE ENV 13381-3
Laje mista de chapa colaborante	11 a 24 mm	REI 30 a REI 120	UNE EN 13381-5

Aderência		
Suporte	Espessura do revestimento	Aderência (MPa)
Betão	25 mm	0,45
	10 mm	0,42
	6 mm	0,46
Aço	32 mm	0,20
	25 mm	0,21
	6 mm	0,22
Chapa acero galvanizado	25 mm	0,05
	10 mm	0,05

Para soportes com primário consultar DITE.

Certificações: DITE - 11/0229

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA

Miembro de EOTA

ETE 11/0229
of 20/ 04/ 2015

<p>Parte General</p> <p>Organismo que publica este ETE y ha sido notificado según el Artículo 29 del Reglamento (EU) N° 305/2011</p> <p>Nombre comercial del producto de construcción</p> <p>Familia de productos a los cuales pertenece este producto de construcción</p> <p>Fabricante</p> <p>Planta(s) de fabricación</p> <p>Esta Evaluación Técnica Europea contiene</p> <p>Esta Evaluación Técnica Europea se publica conforme con el reglamento (EU) N° 305/2011, en base a</p> <p>Esta versión reemplaza</p>	<p>Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (ICTCC)</p> <p>VERMIPLASTER® MP 75 L FIRE</p> <p>Revestimiento para la protección de elementos constructivos frente al fuego</p> <p>KNAUF Gips KG Am Bahnhof 7, 97346 Iphofen - Alemania</p> <p>Cartereta de Inicar, km 2,8 Escúzar 18130 (Granada) - España</p> <p>Praha 9 Kbely (197 00), República Checa C/ Mladoboleslavská 949</p> <p>18 páginas incluyendo 1 Anejo el cual forma parte de esta evaluación. Anejo 2. Contiene información confidencial y no es incluido en este ETE</p> <p>ETAG 018, partes 1-3, empleado como Documento de Evaluación Europeo (EAD)</p> <p>ETA 11/0229 issued on 01/06/ 2014</p>
--	--

Certificado de conformidad do mercado C€

CERTIFICADO DE CONFORMIDAD
1219-DPC-0046

CERTIFICATE OF CONFORMITY: 1219-DPC-0046

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA

C/ Severo Ochoa nº 4, 28002 Madrid (España)
Tel: (34) 91 302 34 40 Fax: (34) 91 302 67 00
http://www.ictcc.es
email: direccion@ictcc.es

Este Documento ratifica que:

El Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (ICTCC) realiza la evaluación de la conformidad de acuerdo con las especificaciones del capítulo 3 del Documento de Identidad Técnica nº 11/0229.

This Document confirms that the Institute of Sciences of the Construction Eduardo Torroja (ICTCC) has undertaken an evaluation of conformity in relation to the requirements contained in the article 2 of the European Technical Approval 11/0229.

<p>Nombre comercial</p> <p>Nombre genérico y uso del producto de construcción</p> <p>Grupo C tipo and use of construction product</p> <p>Beneficiario del DITE</p> <p>Haber de E.T.A.</p>	<p>VERMIPLASTER VERMIPLASTER</p> <p>Revestimiento para la protección de elementos constructivos frente al fuego.</p> <p>Revestimiento intended for Fire Retarding Application of building materials</p> <p>KNAUF Gips Kg Am Bahnhof, 7 97346 Iphofen Alemania</p>
---	---

Para los fines del mercado CE, el ICTCC certifica:

The ICTCC certifies that the evaluation of CE marking:

1. Que los ensayos realizados para la evaluación técnica de concesión de DITE se han considerado como ensayos iniciales de tipo.
2. Que se ha realizado una inspección inicial de la fábrica y del control de producción en fábrica.
3. Que se ha acordado con el fabricante la realización de un seguimiento anual por parte del ICTCC durante la vigencia de este Certificado.
4. Que se ha acordado con el fabricante que éste realizará un autocorreo de la producción en fábrica tal y como se indica en el DITE.

It has been agreed with the manufacturer that the ICTCC will undertake the operation a factory production enquiry system as indicated in the ETE.

El presente documento tiene como fecha límite de validez el 16 de mayo de 2015, a condición de que el seguimiento anual realizado por el ICTCC sea favorable y el DITE 11/0229 no haya sido cancelado o modificado.

This document is valid until 15 May 2015, on condition that the annual production enquiry system is favourable and the ETE 11/0229 has not been cancelled or modified.

Madrid, 28 de mayo de 2015

Ángel Arteaga Iriarte

P91.pt Knauf VERMIPLASTER®

Finalidade e uso / Preparação, aplicação e controlo de qualidade



Finalidade e uso

A argamassa VERMIPLASTER® está prevista para uso interior no revestimento de elementos construtivos com o objectivo de incrementar a protecção ao fogo dos mesmos em caso de incêndio, mantendo a resistência, integridade e isolamento dos elementos construtivos até a extinção do fogo ou proceder à evacuação do edifício.

VERMIPLASTER® cumpre com os requisitos essenciais de: Segurança contra incêndios, Higiene, Saúde, ambiente e Segurança na utilização conforme a Diretiva de Produtos de Construção 89/106/EEC.

A aplicação de VERMIPLASTER® para a protecção ao fogo realiza-se sobre os seguintes sistemas:

P911a.pt Protecção de estruturas metálicas: vigas e pilares

Para a protecção de elementos portantes de aço

aplicar VERMIPLASTER® diretamente sobre a viga ou pilar. Para melhorar a aderência sobre o aço, recomenda-se aplicar um primário em base epóxida, alquídica ou de silicato de Zinco sobre a superfície. A espessura total será calculada de acordo com a massividade do perfil e o tempo de exposição ao fogo do perfil a proteger. Pode-se proteger vigas e pilares de aço com uma massividade até 540 m-1 e uma resistência ao fogo até R 120 minutos.

P911b.pt Protecção de vigas e pilares de betão

Consultar a resistência ao fogo inicial do elemento a proteger de acordo com a tabela C3 do Anexo C do DB-SI. Em função da protecção exigida deve-se aplicar a espessura equivalente de VERMIPLASTER® compreendido entre 6,9 e 18,5 mm até R180 minutos.

P911c.pt Protecção de lajes e muros de betão

Para uma laje ou muro de betão, determinar a resistência ao fogo de acordo com a tabela C4 do Anexo C do DB-SI. em função da altura da laje e do revestimento da armadura. A partir deste valor definido e da resistência ao fogo exigida com a aplicação de VERMIPLASTER® pode-se incrementar até REI 240 com uma espessura compreendida entre 10,6 e 19,2 mm.

P911d.pt Protecção de lajes mistas de betão e chapa colaborante

Pode-se proteger as lajes mistas de betão-chapa de aço trapezoidal com exposição ao fogo pelo lado do aço tendo em conta a altura total da laje e a temperatura crítica da chapa de aço até 350°C. A resistência ao fogo estará compreendida entre REI 30 a REI 120 com uma espessura máximo de 24 mm de VERMIPLASTER®.

Preparação, aplicação e controlo de qualidade

Preparação da superfície

A superfície do elemento a proteger deve estar limpa, seca e sem pó nem gordura, para que aderência de VERMIPLASTER® seja máxima.

Em elementos de aço a aplicação pode realizar-se diretamente ou mediante um primário. Em zonas interiores com ambientes húmidos recomenda-se a aplicação de uma pintura anti-corrosiva, antes do uso de VERMIPLASTER®.

Sobre os elementos de betão deve-se limpar a zona a tratar ou decapar em caso de encontrar qualquer acabamento ou revestimento na superfície.

Preparação da mistura

Realizar a mistura e amassado da argamassa com água limpa numa relação de 15±2 litros por saco. (Aprox. de 0,7 a 0,9 l/Kg). Consultar ficha técnica do produto P911.pt

Aplicação e controlo de qualidade

- Recomenda-se antes da sua aplicação, fazer uma prova de aderência sobre o elemento a proteger.
- Se for necessário pode-se aplicar um primário tipo alquídica, epóxi ou de silicato de zinco que costumam ser compatíveis com a argamassa, para melhorar aderência na superfície do suporte.
- A aplicação da argamassa VERMIPLASTER® realiza-se mediante uma máquina de projetar, exemplo: PFT G4.
- Para o caso de protecção de estruturas metálicas a uma só face aconselha-se a aplicação de uma malha para otimizar a aderência e assim melhorar a resistência mecânica.
- Para fazer reparações em zonas danificadas, retirar antes toda a argamassa, limpar bem a superfície e voltar a projetá-la de forma

contínua. Dependendo das dimensões a reparar estas podem ser realizadas de forma manual, utilizando uma malha.

- Não se deve realizar a aplicação de VERMIPLASTER® em zonas com temperatura inferior a 5°C nem superior a 40°C. Nem sobre elementos de suporte com temperatura superior a 45°C.
- Não se deve aplicar em zonas expostas à água de chuva nem a vento para evitar que alterem o processo de secagem do produto.
- VERMIPLASTER® tem um acabamento rugoso, mas pode ser alisado mediante o uso da espátula.
- Em todos os casos a aplicação deve ser realizada por pessoas qualificadas.
- Com o fim de garantir uma correta protecção dos elementos, durante todo o processo de aplicação deve-se realizar um controlo cuidadoso da espessura exigida.

Knauf

Telefone de contato:

► Tel.: 217 112 750

► Fax: 217 112 759

► www.knauf.pt

Sistemas de Construção em seco Rua Poeta Bocage, 14 D, 1º C, 1600-581 Lisboa

A documentação técnica encontra-se em constante actualização, será sempre necessário consultar a última versão através da nossa página Web. www.knauf.pt



Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução parcial ou total sem a autorização da Knauf GmbH Espanha. Garantimos a qualidade dos nossos produtos. As informações técnicas, físicas e demais propriedades mencionadas neste folheto técnico são resultado da nossa experiência utilizando sistemas Knauf e todos os seus componentes que formam um sistema integral. As informações de consumo, quantidades e forma de trabalho provêm da nossa experiência de montagem, mas encontram-se sujeitas a variações que podem ter origem em diferentes técnicas de montagem, etc. Pelas dificuldades inerentes, não foi possível ter em conta todas as normas de construção, regras, decretos e demais escritos que possam afetar o sistema. Qualquer alteração nas condições de montagem, utilização de outro tipo de materiais ou variação das condições sob as quais foi ensaiado o sistema, pode alterar o seu comportamento e neste caso a Knauf não se responsabiliza pelo resultado em consequência do mesmo.

P91.pt/por./10.16/PT

As características de construção, propriedades estáticas e físicas dos sistemas Knauf somente podem ser conseguidas e garantidas, utilizando materiais comercializados pela Knauf e seguindo as indicações de montagem dos nossos folhetos técnicos.

ANEXO – G: CATÁLOGO TRIA PROMOSPRAY F250

Proteção Passiva Contra Incêndios

Proteção de estruturas

ARGAMASSAS - TRIA PROMASPRAY F250



Argamassas

TRIA PROMASPRAY F250
proteção de estruturas metálicas
e soalhos/madeiras
REI 30 a REI 120 - R15 a R240

Descrição

TRIA PROMASPRAY F250 é uma argamassa fibrosa à base de fibras especiais e ligantes hidráulicos incombustíveis e leves, que formam uma capa flexível uma vez aplicada. Isenta de amianto (Certificado laboratório francês CEBTP 5313 9 716) e de qualquer outro produto nocivo. Imputrescível e inatacável por roedores ou parasitas.

Campo de aplicação

Protecção passiva contra incêndios

Protecção contra incêndios de estruturas metálicas, de lajes e elementos estruturais em betão armado e soalhos de madeira em:

- Edifícios de grande altura.
- Locais destinados a ensino ou a congressos.
- Salas de festa e de espectáculos.
- Instalações industriais, armazéns.
- Centros comerciais e parques subterrâneos.

Correcção acústica

Melhora a acústica absorvendo o som em excesso
Correcção acústica para a voz:

- Salas de aulas, de conferências, reuniões, teatros;
- Salas de festa, discotecas, pubs;
- Salas de concertos, auditórios, estúdios de gravação;
- Salas com abóbadas, galerias comerciais com cúpulas, igrejas;
- Salas de restaurantes e de bares;

Isolamento térmico

Melhora o isolamento, eliminando as pontes térmicas, em particular quando é necessária protecção contra incêndios:

- Parte inferior de tectos de locais de indústria ou comércio;
- Salas de espectáculo, discotecas,
- Fábricas, unidades de produção industrial;
- Tectos de parques de estacionamento em sótãos e edifícios de vivendas e escritórios;

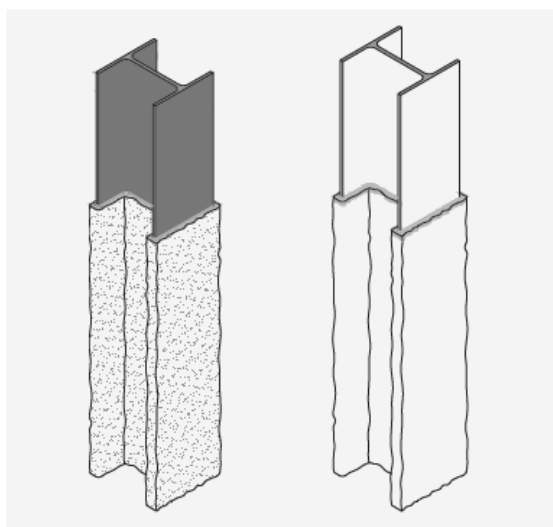
Controlo da condensação

Diminuição da condensação como resultado do conjunto isolamento térmico e de uma absorção / desabsorção da humidade ambiental, em particular quando é exigida uma função de protecção contra incêndios ou de correcção acústica.

Estruturas metálicas de instalações industriais ou armazéns e salas de discoteca

Características

TRIA PROMASPRAY F250	
Cor	Branca
Reacção ao fogo	A1 - Rapport SINTEF 102010.02/09.024A
Densidade (Kg/m ³)	180-250
Toxicidade	Não tóxico
pH	10
Isolamento térmico (W/m ² °C)	0,05
Condutividade térmica	0,05W/m.°C (cf RF 2005)



0 - Referências

Proteção ao fogo de estruturas metálicas							
MASSIVIDADE	ESPESSURA (mm)						
m ¹	R 15	R 30	R 60	R 90	R 120	R 180	R 240
65	17	17	17	17	24	40	56
70	17	17	17	17	26	43	59
75	17	17	17	18	27	45	62
80	17	17	17	20	29	47	65
85	17	17	17	21	30	49	68
90	17	17	17	22	31	51	71
95	17	17	17	23	33	53	73
100	17	17	17	23	34	55	76
110	17	17	17	25	36	58	81
120	17	17	17	27	38	62	
130	17	17	17	28	40	65	
140	17	17	17	30	42	67	
150	17	17	18	31	44	70	
160	17	17	19	32	45	72	
170	17	17	19	33	47	75	
180	17	17	20	34	48	77	
190	17	17	21	35	50	79	
200	17	17	21	36	51	80	
210	17	17	22	37	52	82	
220	17	17	22	38	53		
230	17	17	23	39	54		
240	17	17	23	39	55		
250	17	17	23	40	56		
260	17	17	23	41	57		
270	17	17	25	41	58		
280	17	17	25	42	59		
290	17	17	25	42	59		
300	17	17	26	43	60		
310	17	17	26	43	61		
320	17	17	26	44	61		
330	17	17	27	44	62		
340	17	17	27	45	63		

(Ensaio: LICOF - 048IT05)

TRIA PROMASPRAY F250 protecção ao fogo de lajes de madeira/ soalhos

Ensaio

P.V. Européen EFACTIS 10-H-482
P.V. Francês CTICM 83-U-139 / T139-91/1

Descrição

A estabilidade ao fogo dos suportes e estruturas de madeira é obtida ao limitar o aumento da temperatura da madeira. Sendo que a madeira começa a libertar substâncias inflamáveis a partir dos 300°C. Esta temperatura é considerada como limite admissível para as estruturas de madeira.

O sistema é constituído por folhas de Nergalto NG1 ou equivalente. Colocadas perpendicularmente às vigas e uma aplicação de TRIA PROMASPRAY F250.

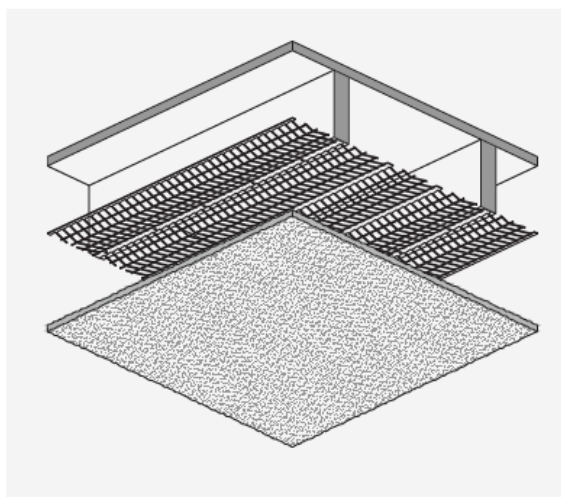
Condições necessárias

Espaçamento das vigas inferior ao igual a 600mm.

Altura das Vigas superior ao igual a 220mm

TRIA PROMASPRAY F250	
REI	ESPESSURA (mm)
30	24
60	33
90	54
120	80

Espessuras para desempenho REI de acordo com as normas Europeias



Campo de aplicação

TRIA PROMASPRAY F250 aplica-se por projecção com máquinas apropriadas, directamente sobre os suportes a proteger, e após os tratamentos adequados quando necessário.

Não se deve aplicar em superfícies que estejam expostas à intempérie, directa ou indirectamente.

Preparação do suporte

Suportes metálicos: As superfícies devem ser limpas de ferrugem e de resíduos.

Suportes metálicos esmaltados: é aconselhável escovar o suporte ou fazer um tratamento prévio.

Suportes de betão: é necessária uma escovagem geral e uma lavagem meticulosa.

Suportes de madeira: Tem de se colocar uma rede metálica antes da aplicação.

Temperatura mínima em obra

TRIA PROMASPRAY F250 não deve ser aplicado em temperaturas inferiores a 5°C, e a temperatura não deve ser inferior a 5°C durante a secagem do produto. Uma boa ventilação favorece a secagem. Uma falta de ventilação trará consequências negativas.

Equipamento de porteção

TRIA PROMASPRAY F250 pode aplicar-se com qualquer máquina em conformidade com as normas em vigor, tendo o cuidado de respeitar a granulometria e massa volúmica do produto.

Acabamento

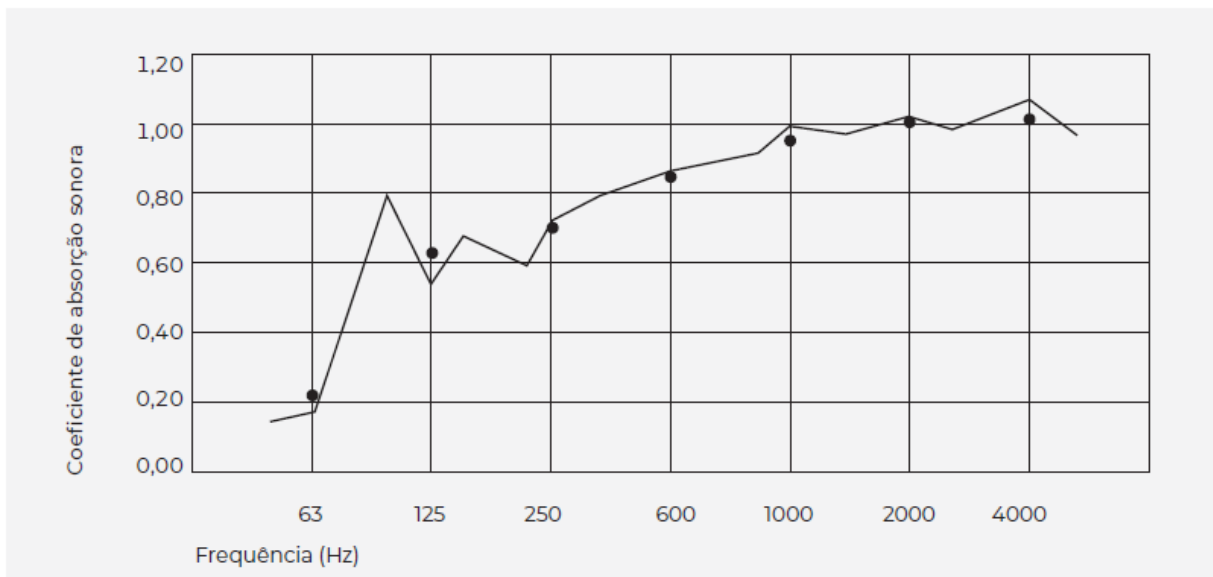
Depois da sua aplicação TRIA PROMASPRAY F250 pode ficar com o acabamento em bruto ou ser rolado ou talochado. Pode pintar-se com tintas acrílicas ou vinílicas.

Armazenagem

TRIA PROMASPRAY F250 pode armazenar-se em interiores ou exteriores, sem amontoar. Nas embalagens originais pode conservar-se por 12 meses.

0 - Referências

Absorção acústica- de acordo com EN ISO 11654 (amostra 1)

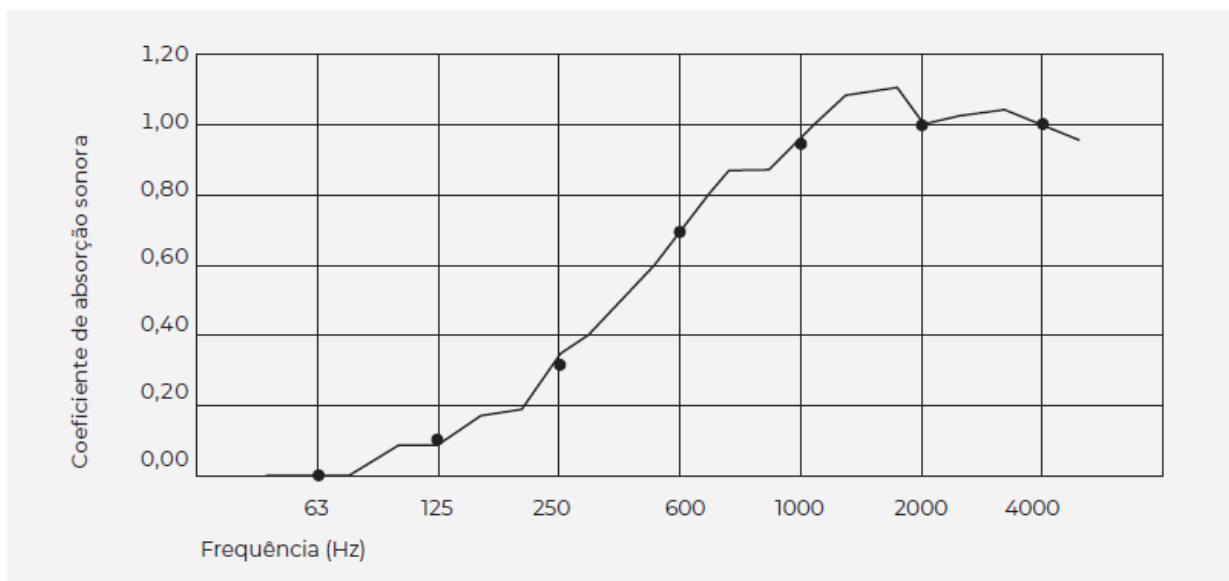


amostra 1		
Frequência (Hz)	α_s	α_p
50	0.14	0.25
63	0.18	
80	0.49	0.65
100	0.78	
125	0.53	
160	0.67	0.70
200	0.60	
250	0.73	
315	0.78	
400	0.82	0.85
500	0.88	
630	0.90	
800	0.91	0.95
1000	1.00	
1250	0.98	
1600	1.00	
2000	1.03	1.00
2500	0.99	
3150	1.02	
4000	1.07	1.00
5000	0.97	

Espessura	substrato	α_w	Classe de absorção de som	DLadB(A)	Categoria
TRIA Promaspray F250					
75 mm	18mm de placa de gesso + 80mm de cavidade	0.9	A	11	A3

0 - Referências

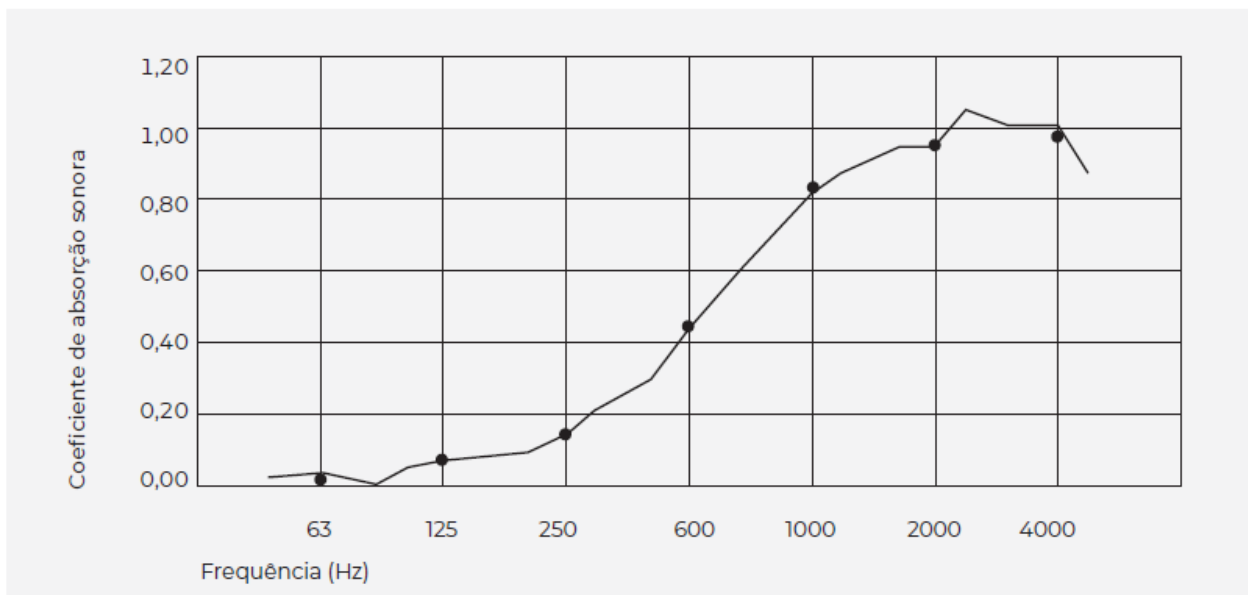
Absorção acústica- de acordo com EN ISO 11654 (amostra 2)



amostra 2		
Frequência (Hz)	α_s	α_p
50	0.01	0.00
63	0.01	
80	0.01	
100	0.06	0.01
125	0.08	
160	0.15	
200	0.18	0.30
250	0.33	
315	0.41	
400	0.57	0.40
500	0.70	
630	0.87	
800	0.88	0.95
1000	0.96	
1250	1.06	
1600	1.09	1.00
2000	1.01	
2500	1.03	
3150	1.04	1.00
4000	1.00	
5000	0.89	

Espessura	substrato	α_w	Classe de absorção de som	DLadB(A)	Categoria
TRIA Promaspray F250					
35 mm	18mm de placa de gesso	0.8	B	8	A3

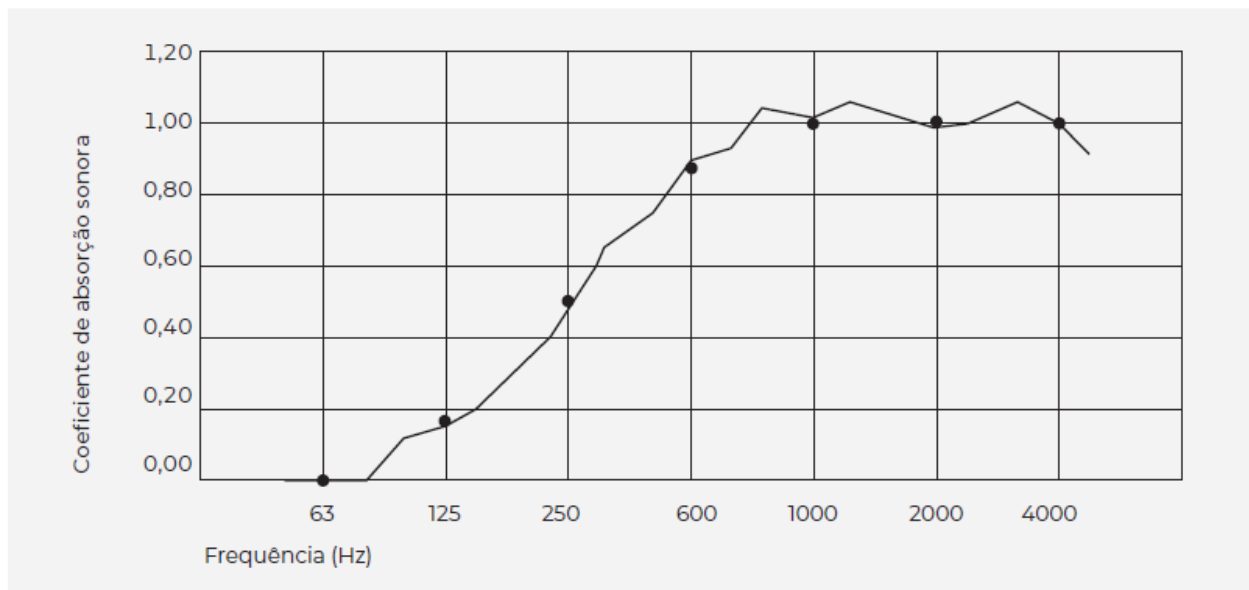
Absorção acústica- de acordo com EN ISO 11654 (amostra 3)



amostra 3		
Frequência (Hz)	α_s	α_p
50	0.01	0.00
63	0.02	
80	-0.01	
100	0.02	
125	0.04	0.05
160	0.0	
200	0.09	
250	0.15	
315	0.22	0.15
400	0.30	
500	0.43	
630	0.55	
800	0.67	0.45
1000	0.78	
1250	0.88	
1600	0.94	
2000	0.95	0.80
2500	1.03	
3150	1.00	
4000	1.01	
5000	0.86	0.95

Espessura	substrato	α_w	Classe de absorção de som	DLadB(A)	Categoria
TRIA Promaspray F250					
25 mm	18mm de placa de gesso	0.6	C	5	A2

Absorção acústica- de acordo com EN ISO 11654 (amostra 4)



amostra 4		
Frequência (Hz)	α_s	α_p
50	0.01	0.00
63	0.02	
80	0.02	
100	0.10	0.15
125	0.14	
160	0.21	
200	0.34	0.50
250	0.48	
315	0.65	
400	0.74	0.85
500	0.88	
630	0.94	
800	1.05	1.00
1000	1.01	
1250	1.07	
1600	1.03	1.00
2000	0.98	
2500	0.99	
3150	1.04	1.00
4000	1.01	
5000	0.89	

Espessura	substrato	α_w	Classe de absorção de som	DLadB(A)	Categoria
TRIA Promaspray F250					
15 mm	18mm de placa de gesso	0.45	D	11	A3

protecção corta-fogo sobre betão armado

Ensaio
CSTB RS 97-028

Características técnicas

Laje de betão com 140 mm						
Resistência ao fogo (min)	60	120	180	240	300	360
Espessura mínima	10	10	12	16	16	25

Laje de betão com 100 mm					
Resistência ao fogo (min)	60	90	120	180	240
Espessura mínima	10	10	10	12	26

Viga de betão armado					
Resistência ao fogo (min)	60	90	120	180	240
Espessura mínima	10	10	13	16	20

protecção corta-fogo de laje de betão e chapa perfilada de aço colaborante

Ensaio
CTICM n.º91-A-013

Neste tipo de laje o aço fica à vista, logo a protecção necessária é superior à protecção numa laje clássica de betão armado.

Laje de betão e chapa perfilada de aço colaborante				
Resistência ao fogo (min)	60	90	120	180
Espessura mínima	10	10	13	16

protecção corta-fogo de lajes de madeira

Ensaio
CTICM n.º83 U 39/T39

O ensaio utiliza uma laje feita de vigas e travessas de madeira suportando uma carga.

Lajes de madeira				
Resistência ao fogo (min)	30	60	90	120
Espessura mínima	15	35	55	70

Proteção ao fogo de aços

Protecção de aços com temperaturas críticas entre 470 e 550 °C.

Certificado de ensaio CSTB RS 97-026 Extensão 98/2

Correção acústica

Espessura 30 mm: Certificado de ensaio

CNRS LMA n.º 251

Espessura 40 mm: Certificado Acouphen n.º 4051G

Isolamento térmico

Resistência e Condutividades térmicas

Certificado LNE n.º 7080188 DEM/3

Resistência térmica (m².C/W)	Condutividade térmica (W/m.°C)
Espessura 5,6 cm R =1,15	λ = 0,0449

Controlo da condensação

Certificado CSTC n.º DE-73432b

Ensaio realizado com uma espessura de O TRIA

PROMASPRAY F250 de 26 mm, aproximadamente.

Com uma humidade relativa de 90% o produto tinha fixado 5,8 Kg/m2 sem estar saturado.

Humidade relativa	Absorção (g/m².dia)
60%	125
85%	311
90%	431

0 - Referências



TRIA
Serviços Materiais
e Equipamentos, SA.

Parque Ind. Manuel
Lourenço Ferreira - Lt. 43
3450-232 Mortágua -
Portugal

+351 231 927 480
geral@tria.pt

ANEXO – H: CATÁLOGO BIOFIRE – TRIA

Proteção Passiva Contra Incêndios

Proteção de estruturas

ARGAMASSA - BIOFIRE



Argamassas

BIOFIRE

Proteção de estruturas metálicas
R15 a R240

Descrição

BIOFIRE é uma argamassa pastosa, para proteção de elementos estruturais. Composta por inertes leves de perlite e vermiculite expandidos, ligantes hidráulicos, controladores de presa e aditivos para melhorar a projeção. Não contém asbestos.

Campo de aplicação

Proteção contra incêndios em estruturas metálicas e mistas (vigas e pilares) lajes colaborantes, estruturas de betão, estruturas de madeira e construções em tabique.

Está ensaiado para diferentes temperaturas críticas, perfis abertos e fechados, pilares e vigas.

Para cálculo de espessuras, ver tabela ou consultar o nosso departamento técnico.

Características

Base Gesso

Cor Branco

Densidade aparente 600-760 Kg/m³

Densidade da argamassa endurecida 850-900 Kg/m³

pH 12

Aderência $\geq 0.10^*$ N/mm² (Dependendo do suporte)

Força de compressão ≥ 2 N/mm²

Resistência à flexão ≥ 1 N/mm² (depois de 28 dias)

Rendimento teórico 8.5 Kg/m²/cm

Temperatura de aplicação Entre 3 e 30 °C

Reação ao fogo A1

Amianto Sem amianto

Condutividade térmica 0.122 W/mK

Absorção sonora (α_w) 0.55(H) Classe D espessura 25 mm

Apresentação 20kg / saco. 54 sacos / palete (1,120 Kg)

Aplicação

Preparação de superfícies

Os perfis metálicos a proteger com BIOFIRE devem estar limpos de poeiras e gorduras. Caso o suporte não proporcione boas condições de aderência, deverá ser aplicada uma malha metálica antes da projeção.

Método de aplicação

Máquina de projeção por via húmida/ Aplicação manual
BIOFIRE é aplicado em uma ou várias camadas até à obtenção da espessura necessária à estabilidade ao fogo requerida.

Acabamento

Rugoso ou liso*. BIOFIRE pode ser pintado após secagem total, com os sistemas de pintura vulgarmente utilizados sobre superfícies em gesso.



TABELA DE ESPESSURAS DE BIOFIRE

Classificação de Resistência ao Fogo das Secções I/H								
Fator forma	Espessura mínima (mm) para uma temperatura de projeto de 350 °C							
(Am/V (m ⁻²))	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
65	10	10	10	13	18	24	25	47
70	10	10	10	13	19	25	37	48
75	10	10	11	14	20	26	38	50
80	10	10	11	14	20	26	39	51
85	10	10	11	14	21	27	40	53
90	10	10	11	15	21	28	41	54
95	10	10	12	15	22	28	42	55
100	10	10	12	15	22	29	42	56
105	10	10	12	15	22	29	43	57
110	10	10	12	16	23	30	44	58
115	10	10	12	16	23	30	44	59
120	10	10	13	16	23	31	45	60
125	10	10	13	16	24	31	46	60
130	10	10	13	17	24	31	46	61
135	10	10	13	17	24	32	47	62
140	10	10	13	17	25	32	47	62
145	10	10	13	17	25	32	48	63
150	10	10	13	17	25	33	48	-
155	10	10	14	17	25	33	49	-
160	10	10	14	18	25	33	49	-
165	10	10	14	18	26	34	49	-
170	10	10	14	18	26	34	50	-
175	10	10	14	18	26	34	50	-
180	10	10	14	18	26	34	50	-
185	10	10	14	18	26	35	51	-
190	10	10	14	18	27	35	51	-
195	10	10	14	18	27	35	51	-
200	10	10	14	19	27	35	52	-
205	10	10	14	19	27	35	52	-
210	10	10	15	19	27	35	52	-
215	10	10	15	19	27	36	53	-
220	10	10	15	19	27	36	53	-
225	10	11	15	19	28	36	53	-
230	10	11	15	19	28	36	53	-
235	10	11	15	19	28	36	53	-
240	10	10	15	19	28	36	54	-
245	10	11	15	19	28	37	54	-
250	10	11	15	19	28	37	54	-
255	10	11	15	19	28	37	54	-
260	10	11	15	20	28	37	54	-
265	10	11	15	20	28	37	55	-
270	10	11	15	20	28	37	55	-
275	10	11	15	20	29	37	55	-
280	10	11	15	20	29	37	55	-
285	10	11	15	20	29	38	55	-
290	10	11	15	20	29	38	55	-
295	10	11	16	20	29	38	55	-

Avaliação Técnica Europeia ETA 18/1087

TABELA DE ESPESSURAS DE TRIA BIOFIRE

Classificação de Resistência ao Fogo das Secções I/H								
Fator forma	Espessura mínima (mm) para uma temperatura de projeto de 400 °C							
(Am/V (m ³))	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
65	10	10	10	11	16	22	32	43
70	10	10	10	11	17	22	34	45
75	10	10	10	12	18	23	35	46
80	10	10	10	12	18	24	36	47
85	10	10	10	13	19	25	37	49
90	10	10	10	13	19	25	37	50
95	10	10	10	13	20	26	38	51
100	10	10	10	14	20	26	39	52
105	10	10	11	14	20	27	40	53
110	10	10	11	14	21	27	40	54
115	10	10	11	14	21	28	41	54
120	10	10	11	15	21	28	42	55
125	10	10	11	15	22	29	42	56
130	10	10	12	15	22	29	43	57
135	10	10	12	15	22	29	43	57
140	10	10	12	15	22	30	44	58
145	10	10	12	16	23	30	44	59
150	10	10	12	16	23	30	45	59
155	10	10	12	16	23	31	45	60
160	10	10	12	16	23	31	46	60
165	10	10	12	16	24	31	46	61
170	10	10	13	16	24	31	46	61
175	10	10	13	16	24	31	47	62
180	10	10	13	17	24	31	47	62
185	10	10	13	17	24	32	47	63
190	10	10	13	17	25	32	48	63
195	10	10	13	17	25	32	48	63
200	10	10	13	17	25	33	48	-
205	10	10	13	17	25	33	48	-
210	10	10	13	17	25	33	49	-
215	10	10	13	17	25	33	49	-
220	10	10	13	17	25	33	49	-
225	10	10	14	18	25	33	49	-
230	10	10	14	18	26	34	50	-
235	10	10	14	18	26	34	50	-
240	10	10	14	18	26	34	50	-
245	10	10	14	18	26	34	50	-
250	10	10	11	18	26	34	51	-
255	10	10	14	18	26	34	51	-
260	10	10	14	18	26	34	51	-
265	10	10	14	18	26	35	51	-
270	10	10	14	18	26	35	51	-
275	10	10	14	18	27	35	51	-
280	10	10	14	18	27	35	52	-
285	10	10	14	18	27	35	52	-
290	10	10	14	18	27	35	52	-
295	10	10	14	18	27	35	52	-

Avaliação Técnica Europeia ETA 18/1087

0 - Referências

Classificação de Resistência ao Fogo das Secções I/H								
Fator forma	Espessura mínima (mm) para uma temperatura de projeto de 450 °C							
(Am/V (m ⁻²))	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
65	10	10	10	10	14	19	29	39
70	10	10	10	10	15	20	30	40
75	10	10	10	10	16	21	31	42
80	10	10	10	11	16	22	32	43
85	10	10	10	11	17	22	33	45
90	10	10	10	11	17	23	34	46
95	10	10	10	12	17	23	35	47
100	10	10	10	12	18	24	36	48
105	10	10	10	12	18	24	36	49
110	10	10	10	12	19	25	37	49
115	10	10	10	13	19	25	38	50
120	10	10	10	13	19	26	38	51
125	10	10	10	13	20	26	39	52
130	10	10	10	13	20	26	39	52
135	10	10	10	14	20	27	40	53
140	10	10	10	14	20	27	40	54
145	10	10	11	14	21	27	41	54
150	10	10	11	14	21	28	41	55
155	10	10	11	14	21	28	42	55
160	10	10	11	14	21	28	42	56
165	10	10	11	15	22	29	42	56
170	10	10	11	15	22	29	42	56
175	10	10	11	15	22	29	43	57
180	10	10	11	15	22	29	43	58
185	10	10	12	15	22	29	44	58
190	10	10	12	15	22	30	44	58
195	10	10	12	15	23	30	44	59
200	10	10	12	15	23	30	45	59
205	10	10	12	16	23	30	45	60
210	10	10	12	16	23	30	45	60
215	10	10	12	16	23	31	45	60
220	10	10	12	16	23	31	46	60
225	10	10	12	16	23	31	46	61
230	10	10	12	16	24	31	46	61
235	10	10	12	16	24	31	46	61
240	10	10	12	16	24	31	46	62
245	10	10	13	16	24	32	47	62
250	10	10	13	16	24	32	47	62
255	10	10	13	16	24	32	47	62
260	10	10	13	17	24	32	47	63
265	10	10	13	17	24	32	47	63
270	10	10	13	17	24	32	48	63
275	10	10	13	17	25	32	48	63
280	10	10	13	17	25	32	48	63
285	10	10	13	17	25	32	48	-
290	10	10	13	17	25	33	48	-
295	10	10	13	17	25	33	48	-

Avaliação Técnica Europeia ETA 18/1087

TABELA DE ESPESSURAS DE TRIA BIOFIRE

Classificação de Resistência ao Fogo das Secções I/H								
Fator forma	Espessura mínima (mm) para uma temperatura de projeto de 500 °C							
(Am/V (m ⁻²))	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
65	10	10	10	10	13	18	27	37
70	10	10	10	10	14	19	28	38
75	10	10	10	10	14	19	30	40
80	10	10	10	10	15	20	31	41
85	10	10	10	10	15	21	31	42
90	10	10	10	10	16	21	32	43
95	10	10	10	11	16	22	33	44
100	10	10	10	11	17	22	34	45
105	10	10	10	11	17	23	35	46
110	10	10	10	11	17	23	35	47
115	10	10	10	12	18	24	36	48
120	10	10	10	12	18	24	36	49
125	10	10	10	12	18	25	37	49
130	10	10	10	12	19	25	38	50
135	10	10	10	13	19	25	38	51
140	10	10	10	13	19	26	38	51
145	10	10	10	13	19	26	39	52
150	10	10	10	13	20	26	39	52
155	10	10	10	13	20	27	40	53
160	10	10	10	13	20	27	40	54
165	10	10	10	14	20	27	41	54
170	10	10	10	14	21	27	41	54
175	10	10	11	14	21	28	41	55
180	10	10	11	14	21	28	42	55
185	10	10	11	14	21	28	42	56
190	10	10	11	14	21	28	42	56
195	10	10	11	14	21	28	42	56
200	10	10	11	15	22	29	43	57
205	10	10	11	15	22	29	43	57
210	10	10	11	15	22	29	43	58
215	10	10	11	15	22	29	44	58
220	10	10	11	15	22	29	44	58
225	10	10	11	15	22	30	44	58
230	10	10	12	15	22	30	44	59
235	10	10	12	15	23	30	44	59
240	10	10	12	15	23	30	45	59
245	10	10	12	15	23	30	45	60
250	10	10	12	16	23	30	45	60
255	10	10	12	16	23	30	45	60
260	10	10	12	16	23	31	45	60
265	10	10	12	16	23	31	46	61
270	10	10	12	16	23	31	46	61
275	10	10	12	16	23	31	46	61
280	10	10	12	16	23	31	46	61
285	10	10	12	16	24	31	46	61
290	10	10	12	16	24	31	46	62
295	10	10	12	16	24	31	47	62

Avaliação Técnica Europeia ETA 18/1087

0 - Referências

Classificação de Resistência ao Fogo das Secções I/H								
Fator forma	Espessura mínima (mm) para uma temperatura de projeto de 550 °C							
(Am/V (m ⁻¹))	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
65	10	10	10	10	12	17	26	36
70	10	10	10	10	13	18	27	37
75	10	10	10	10	13	18	28	38
80	10	10	10	10	14	19	29	40
85	10	10	10	10	14	20	30	41
90	10	10	10	10	15	20	31	42
95	10	10	10	10	15	21	32	43
100	10	10	10	10	16	21	33	44
105	10	10	10	10	16	22	33	45
110	10	10	10	11	17	22	34	46
115	10	10	10	11	17	23	35	47
120	10	10	10	11	17	23	35	47
125	10	10	10	11	18	24	36	48
130	10	10	10	12	18	24	36	49
135	10	10	10	12	18	24	37	50
140	10	10	10	12	18	25	37	50
145	10	10	10	12	19	25	38	51
150	10	10	10	12	19	25	38	51
155	10	10	10	13	19	26	39	52
160	10	10	10	13	19	26	39	52
165	10	10	10	13	20	26	40	53
170	10	10	10	13	20	27	40	53
175	10	10	10	13	20	27	40	54
180	10	10	10	13	20	27	41	54
185	10	10	10	14	20	27	41	55
190	10	10	10	14	21	27	41	55
195	10	10	10	14	21	28	42	55
200	10	10	10	14	21	28	42	56
205	10	10	11	14	21	28	42	56
210	10	10	11	14	21	28	42	56
215	10	10	11	14	21	28	43	57
220	10	10	11	14	22	29	43	57
225	10	10	11	15	22	29	43	57
230	10	10	11	15	22	29	43	58
235	10	10	11	15	22	29	44	58
240	10	10	11	15	22	29	44	58
245	10	10	11	15	22	29	44	59
250	10	10	11	15	22	30	44	59
255	10	10	11	15	22	30	44	59
260	10	10	11	15	22	30	45	59
265	10	10	12	15	23	30	45	59
270	10	10	12	15	23	30	45	60
275	10	10	12	15	23	30	45	60
280	10	10	12	15	23	30	45	60
285	10	10	12	15	23	30	45	60
290	10	10	12	16	23	31	46	61
295	10	10	12	16	23	31	46	61

Avaliação Técnica Europeia ETA 19/1087

TABELA DE ESPESSURAS DE TRIA BIOFIRE

Classificação de Resistência ao Fogo das Secções I/H								
Fator forma	Espessura mínima (mm) para uma temperatura de projeto de 600 °C							
(Am/V (m ⁻¹))	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
65	10	10	10	10	11	16	25	34
70	10	10	10	10	12	16	26	36
75	10	10	10	10	12	17	27	37
80	10	10	10	10	13	18	28	38
85	10	10	10	10	13	19	29	40
90	10	10	10	10	14	19	30	41
95	10	10	10	10	14	20	31	42
100	10	10	10	10	15	20	32	43
105	10	10	10	10	15	21	32	44
110	10	10	10	10	16	21	33	45
115	10	10	10	10	16	22	34	45
120	10	10	10	10	16	22	34	46
125	10	10	10	11	17	23	35	47
130	10	10	10	11	17	23	35	48
135	10	10	10	11	17	24	36	48
140	10	10	10	11	18	24	36	49
145	10	10	10	12	18	24	37	50
150	10	10	10	12	18	25	37	50
155	10	10	10	12	18	25	38	51
160	10	10	10	12	19	25	38	51
165	10	10	10	12	19	25	39	52
170	10	10	10	12	19	26	39	52
175	10	10	10	13	19	26	39	53
180	10	10	10	13	20	26	40	53
185	10	10	10	13	20	26	40	53
190	10	10	10	13	20	27	40	54
195	10	10	10	13	20	27	41	54
200	10	10	10	13	20	27	41	56
205	10	10	10	13	20	27	41	56
210	10	10	10	14	21	27	41	55
215	10	10	10	14	21	28	42	56
220	10	10	10	14	21	28	42	56
225	10	10	10	14	21	28	42	56
230	10	10	10	14	21	28	42	57
235	10	10	11	14	21	28	43	57
240	10	10	11	14	21	29	43	57
245	10	10	11	14	21	29	43	57
250	10	10	11	14	22	29	43	58
255	10	10	11	14	22	29	43	58
260	10	10	11	15	22	29	44	58
265	10	10	11	15	22	29	44	58
270	10	10	11	15	22	29	44	59
275	10	10	11	15	22	29	44	59
280	10	10	11	15	22	30	44	59
285	10	10	11	15	22	30	44	59
290	10	10	11	15	22	30	45	59
295	10	10	11	15	23	30	45	60

Avaliação Técnica Europeia ETA 18/1087

0 - Referências

Classificação de Resistência ao Fogo das Secções Ocas								
Fator forma	Espessura mínima (mm) para uma temperatura de projeto de 350 °C							
(Am/V (m ⁻²))	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
65	11	11	11	14	19	26	27	50
70	11	11	11	14	20	27	40	51
75	11	11	12	15	22	28	41	54
80	11	11	12	15	22	28	42	55
85	11	11	12	15	23	29	43	58
90	11	11	12	16	23	31	45	59
95	11	11	13	16	24	31	46	60
100	11	11	13	17	24	32	46	62
105	11	11	13	17	24	32	48	63
110	11	11	13	18	26	33	49	-
115	11	11	13	18	26	33	49	-
120	11	11	15	18	26	35	50	-
125	11	11	15	18	27	35	52	-
130	11	11	15	19	27	35	52	-
135	11	11	15	19	27	36	53	-
140	11	11	15	19	29	36	54	-
145	11	11	15	19	29	37	55	-
150	12	12	15	20	29	38	55	-
155	12	12	16	20	29	38	57	-
160	12	12	16	21	29	38	57	-
165	12	12	16	21	30	40	57	-
170	12	12	16	21	30	40	59	-
175	12	12	16	21	31	40	59	-
180	12	12	16	21	31	40	59	-
185	12	12	17	21	31	40	59	-
190	12	12	17	21	32	42	61	-
195	12	12	17	22	32	42	61	-
200	12	12	17	23	32	42	62	-
205	12	12	17	23	33	42	63	-
210	12	12	18	23	33	42	63	-
215	12	12	18	23	33	44	-	-
220	12	12	18	23	33	44	-	-
225	12	13	18	23	34	44	-	-
230	12	14	18	23	34	44	-	-
235	12	14	19	23	35	44	-	-
240	12	14	19	24	35	45	-	-
245	12	14	19	24	35	46	-	-
250	13	14	19	24	35	46	-	-
255	13	14	19	24	35	46	-	-
260	13	14	19	25	35	46	-	-
265	13	14	19	25	35	46	-	-
270	13	14	19	25	35	46	-	-
275	13	14	19	25	36	46	-	-
280	13	14	19	25	36	46	-	-
285	13	14	19	25	36	48	-	-
290	13	14	19	25	36	48	-	-
295	13	14	20	25	36	48	-	-

Avaliação Técnica Europeia ETA 18/1087

TABELA DE ESPESSURAS DE TRIA BIOFIRE

Classificação de Resistência ao Fogo das Seções Ocas								
Fator forma	Espessura mínima (mm) para uma temperatura de projeto de 400 °C							
(Am/V (m ⁻¹))	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
65	11	11	11	12	17	23	34	46
70	11	11	11	12	18	24	36	48
75	11	11	11	13	19	25	38	49
80	11	11	11	13	19	26	39	51
85	11	11	11	14	21	27	40	53
90	11	11	11	14	21	27	40	55
95	11	11	11	14	22	28	42	56
100	11	11	11	15	22	29	43	57
105	11	11	12	15	22	30	44	59
110	11	11	12	16	23	30	44	60
115	11	11	12	16	23	31	46	60
120	11	11	12	17	24	31	47	62
125	11	11	12	17	25	33	47	63
130	11	11	14	17	25	33	49	-
135	11	11	14	17	25	33	49	-
140	11	11	14	17	25	34	50	-
145	11	11	14	18	26	34	50	-
150	12	12	14	18	26	35	52	-
155	12	12	14	18	27	36	52	-
160	12	12	14	19	27	36	53	-
165	12	12	14	19	28	36	54	-
170	12	12	15	19	28	36	54	-
175	12	12	15	19	28	38	55	-
180	12	12	15	20	28	38	55	-
185	12	12	15	20	28	38	56	-
190	12	12	15	20	30	38	57	-
195	12	12	16	20	30	38	57	-
200	12	12	16	20	30	40	58	-
205	12	12	16	20	30	40	58	-
210	12	12	16	20	30	40	58	-
215	12	12	16	21	30	40	59	-
220	12	12	16	21	31	40	60	-
225	12	12	17	22	31	40	60	-
230	12	12	17	22	32	42	62	-
235	12	12	17	22	32	42	62	-
240	12	12	17	22	32	42	62	-
245	12	12	17	22	32	42	62	-
250	13	13	18	23	33	43	-	-
255	13	13	18	23	33	43	-	-
260	13	13	18	23	33	43	-	-
265	13	13	18	23	33	44	-	-
270	13	13	18	23	33	44	-	-
275	13	13	18	23	34	44	-	-
280	13	13	18	23	34	44	-	-
285	13	13	18	23	34	44	-	-
290	13	13	18	23	34	44	-	-
295	13	13	18	23	34	44	-	-

Avaliação Técnica Europeia ETA 18/1087

0 - Referências

Classificação de Resistência ao Fogo das Secções Ocas								
Fator forma	Espessura mínima (mm) para uma temperatura de projeto de 450 °C							
(Am/V (m ⁻²))	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
65	11	11	11	11	15	20	31	42
70	11	11	11	11	16	21	32	44
75	11	11	11	11	17	23	33	45
80	11	11	11	12	17	24	35	46
85	11	11	11	12	18	24	36	49
90	11	11	11	12	19	25	37	50
95	11	11	11	13	19	25	38	51
100	11	11	11	13	20	26	40	53
105	11	11	11	13	20	27	40	54
110	11	11	11	13	21	28	41	54
115	11	11	11	14	21	28	42	56
120	11	11	11	15	21	29	43	57
125	11	11	11	15	23	29	44	59
130	11	11	11	15	23	29	44	59
135	11	11	11	16	23	31	45	60
140	11	11	11	16	23	31	46	62
145	11	11	13	16	24	31	47	62
150	12	12	13	16	24	32	47	63
155	12	12	13	16	24	32	49	-
160	12	12	13	16	24	32	49	-
165	12	12	13	17	26	34	49	-
170	12	12	13	18	26	34	50	-
175	12	12	13	18	26	34	51	-
180	12	12	13	18	26	34	51	-
185	12	12	14	18	26	34	52	-
190	12	12	14	18	16	36	52	-
195	12	12	14	18	27	36	53	-
200	12	12	14	18	28	36	54	-
205	12	12	14	19	28	36	54	-
210	12	12	15	19	28	36	54	-
215	12	12	15	19	28	38	55	-
220	12	12	15	20	28	38	56	-
225	12	12	15	20	28	38	56	-
230	12	12	15	20	30	38	57	-
235	12	12	15	20	30	38	57	-
240	12	12	15	20	30	38	57	-
245	12	12	16	20	30	40	59	-
250	13	13	16	20	30	40	59	-
255	13	13	16	20	30	40	59	-
260	13	13	16	21	30	40	59	-
265	13	13	16	21	30	40	59	-
270	13	13	16	21	30	40	60	-
275	13	13	16	21	31	40	60	-
280	13	13	16	21	31	40	60	-
285	13	13	16	21	31	40	60	-
290	13	13	16	21	31	41	60	-
295	13	13	16	21	31	41	60	-

Avaliação Técnica Europeia ETA 18/1087

TABELA DE ESPESSURAS DE TRIA BIOFIRE

Classificação de Resistência ao Fogo das Secções Ocas								
Fator forma	Espessura mínima (mm) para uma temperatura de projeto de 500 °C							
(Am/V (m ⁻²))	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
65	11	11	11	11	14	19	29	39
70	11	11	11	11	15	20	30	41
75	11	11	11	11	15	20	32	43
80	11	11	11	11	16	22	33	44
85	11	11	11	11	16	23	34	46
90	11	11	11	11	17	23	35	47
95	11	11	11	12	18	24	36	48
100	11	11	11	12	19	24	37	50
105	11	11	11	12	19	25	39	51
110	11	11	11	12	19	26	39	52
115	11	11	11	13	20	27	40	54
120	11	11	11	13	20	27	40	55
125	11	11	11	14	20	28	42	55
130	11	11	11	14	21	28	43	57
135	11	11	11	15	22	28	43	58
140	11	11	11	15	22	30	43	58
145	11	11	11	15	22	30	45	60
150	12	12	12	15	23	30	45	60
155	12	12	12	15	23	31	46	61
160	12	12	12	15	23	31	46	63
165	12	12	12	16	23	31	48	63
170	12	12	12	16	25	32	48	63
175	12	12	13	16	25	33	48	-
180	12	12	13	17	25	33	50	-
185	12	12	13	17	25	33	50	-
190	12	12	13	17	25	33	50	-
195	12	12	13	17	25	33	50	-
200	12	12	13	18	26	35	52	-
205	12	12	13	18	27	35	52	-
210	12	12	13	18	27	35	52	-
215	12	12	13	18	27	35	53	-
220	12	12	13	18	27	35	54	-
225	12	12	13	18	27	37	54	-
230	12	12	15	18	27	37	54	-
235	12	12	15	19	28	37	54	-
240	12	12	15	19	29	37	56	-
245	12	12	15	19	29	37	56	-
250	13	13	15	20	29	38	56	-
255	13	13	15	20	29	38	56	-
260	13	13	15	20	29	39	56	-
265	13	13	15	20	29	39	58	-
270	13	13	15	20	29	39	58	-
275	13	13	15	20	29	39	58	-
280	13	13	15	20	29	39	58	-
285	13	13	15	20	30	39	58	-
290	13	13	15	20	30	39	58	-
295	13	13	15	20	30	39	59	-

Avaliação Técnica Europeia ETA 18/1087

0 - Referências

Classificação de Resistência ao Fogo das Secções Ocas								
Fator forma	Espessura mínima (mm) para uma temperatura de projeto de 550 °C							
(Am/V (m ⁻²))	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
65	11	11	11	11	13	18	28	38
70	11	11	11	11	14	19	29	40
75	11	11	11	11	14	19	30	41
80	11	11	11	11	15	21	31	43
85	11	11	11	12	15	22	33	44
90	11	11	11	11	16	22	34	46
95	11	11	11	11	16	23	35	47
100	11	11	11	11	16	23	35	47
105	11	11	11	11	18	24	36	50
110	11	11	11	12	19	24	38	51
115	11	11	11	12	19	26	39	52
120	11	11	11	12	19	26	39	53
125	11	11	11	12	20	27	41	54
130	11	11	11	14	20	27	41	55
135	11	11	11	14	20	27	42	57
140	11	11	11	14	21	29	42	57
145	11	11	11	14	22	29	44	58
150	12	12	12	14	22	29	44	59
155	12	12	12	15	22	30	45	60
160	12	12	12	15	22	30	45	60
165	12	12	12	15	23	30	47	62
170	12	12	12	15	23	32	47	62
175	12	12	12	15	24	32	47	-
180	12	12	12	15	24	32	48	-
185	12	12	12	17	24	32	49	-
190	12	12	12	17	25	32	49	-
195	12	12	12	17	25	33	50	-
200	12	12	12	17	25	34	50	-
205	12	12	13	17	25	34	51	-
210	12	12	13	17	25	34	51	-
215	12	12	13	17	26	34	52	-
220	12	12	13	17	27	35	52	-
225	12	12	13	18	27	36	53	-
230	12	12	14	18	27	36	53	-
235	12	12	14	19	27	36	54	-
240	12	12	14	19	27	36	55	-
245	12	12	14	19	27	36	55	-
250	13	13	14	19	28	38	55	-
255	13	13	14	19	28	38	55	-
260	13	13	14	19	28	38	56	-
265	13	13	15	9	29	38	56	-
270	13	13	15	19	29	38	56	-
275	13	13	15	19	29	38	56	-
280	13	13	15	19	29	38	56	-
285	13	13	15	19	29	38	56	-
290	13	13	15	20	29	39	58	-
295	13	13	15	20	29	39	58	-

Avaliação Técnica Europeia ETA 18/1087

TABELA DE ESPESSURAS DE TRIA BIOFIRE

Classificação de Resistência ao Fogo das Secções Ocas								
Fator forma	Espessura mínima (mm) para uma temperatura de projeto de 600 °C							
(Am/V (m ⁻¹))	R15	R30	R45	R60	R90	R120	R180	R240
65	11	11	11	11	12	17	27	36
70	11	11	11	11	13	17	28	39
75	11	11	11	11	13	18	29	40
80	11	11	11	11	14	19	30	41
85	11	11	11	11	14	21	31	43
90	11	11	11	11	15	21	33	45
95	11	11	11	11	15	22	34	46
100	11	11	11	11	17	22	35	47
105	11	11	11	11	17	23	35	49
110	11	11	11	11	18	23	37	50
115	11	11	11	11	18	25	38	50
120	11	11	11	11	18	25	38	52
125	11	11	11	12	19	26	39	53
130	11	11	11	12	19	26	40	54
135	11	11	11	12	19	27	41	54
140	11	11	11	13	21	27	41	56
145	11	11	11	14	21	27	42	57
150	12	12	12	14	21	29	43	58
155	12	12	12	14	21	29	44	59
160	12	12	12	14	22	29	44	59
165	12	12	12	14	22	29	45	61
170	12	12	12	14	22	30	46	61
175	12	12	12	15	22	31	46	62
180	12	12	12	15	24	31	47	63
185	12	12	12	15	24	31	47	63
190	12	12	12	15	24	32	48	-
195	12	12	12	16	24	32	49	-
200	12	12	12	16	24	32	49	-
205	12	12	12	16	24	33	49	-
210	12	12	12	17	25	33	50	-
215	12	12	12	17	26	34	51	-
220	12	12	12	17	26	34	51	-
225	12	12	12	17	26	34	51	-
230	12	12	12	17	26	34	52	-
235	12	12	14	17	26	35	53	-
240	12	12	14	17	26	36	53	-
245	12	12	14	17	26	36	54	-
250	13	13	14	18	28	36	54	-
255	13	13	14	18	28	36	54	-
260	13	13	14	19	28	36	55	-
265	13	13	14	19	28	36	55	-
270	13	13	14	19	28	36	55	-
275	13	13	14	19	28	36	55	-
280	13	13	14	19	28	38	55	-
285	13	13	14	19	28	38	55	-
290	13	13	14	19	28	38	56	-
295	13	13	14	19	29	38	56	-

Avaliação Técnica Europeia ETA 18/1087

0 - Referências



TRIA BIOFIRE - ARGAMASSA PASTOSA

BIOFIRE

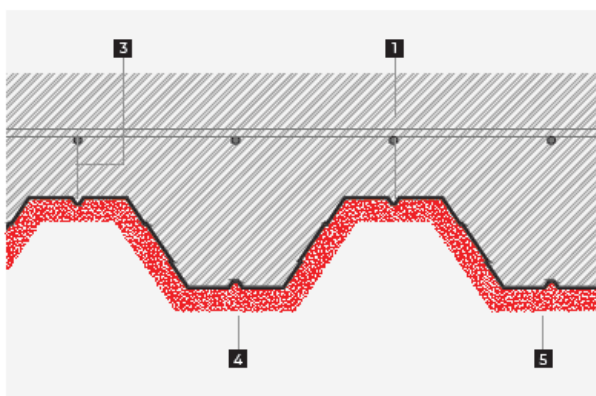
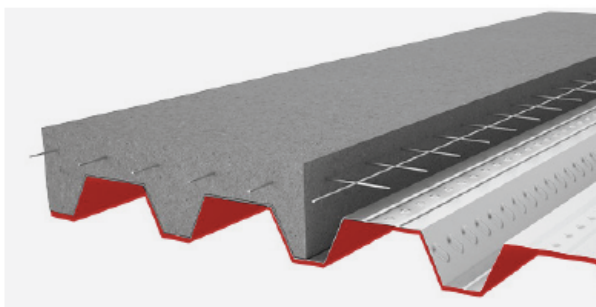
proteção de lajes mistas
e colaborantes R30 a R120
REI 30 a 240

Descrição

Uma laje mista ou uma laje colaborante são tipos de lajes compostas por um perfil de chapa ondulada em aço e lâmina compressora de betão.

Nestes tipos de lajes, a chapa pode funcionar como:

- Armadura inferior para a laje.
- Cofragem para o betão húmido.



- 1 | Lâmina de compressão
- 2 | Armadura
- 3 | Revestimento de betão entre a armadura inferior e a face exposta ao fogo
- 4 | Chapa de aço galvanizado
- 5 | Argamassa

Detalhes

Desempenho da chapa como armadura positiva

Durante um incêndio, a chapa nervurada atua como uma parte importante do sistema. Nestes casos, a chapa cumpre uma função de reforço positivo e não apenas como cofragem perdida, pelo que ambos os materiais colaboram estruturalmente. Frequentemente o sistema é completo com uma armadura embebida no betão, a fim de evitar a fissuração.

Com base no Eurocódigo 4 (EN 1994-1), a chapa deve ser protegida de modo a não atingir uma temperatura de 350 °C e, assim, cumprir o critério de capacidade de suporte (R). Além disso, se a compartimentação (EI) também for necessária, o critério de espessura total marcado pelo anexo C.2.3.3 do Código Técnico da Construção (CTE) deve ser atendido. O seguinte ponto mostra como calcular a espessura da laje com base nesta tabela.

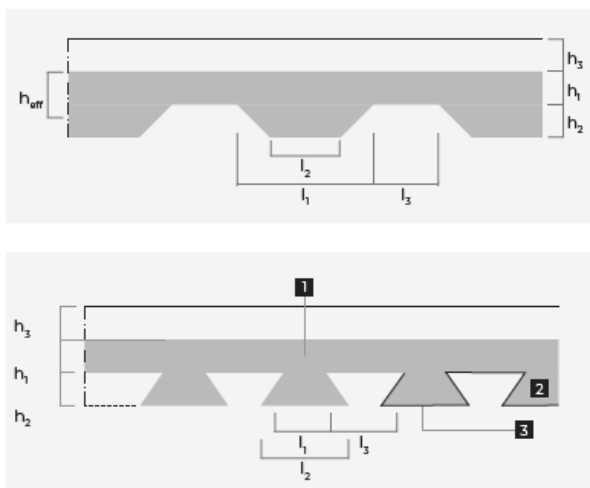
Atuação da chapa como cofragem perdida

Nestes casos, a chapa só funciona como cofragem perdida, ou seja, não colabora com o piso. Portanto, estamos perante uma laje que se comporta como uma laje de betão.

Para a determinação da resistência ao fogo deste tipo de lajes, a espessura efetiva (h_{eff}) da laje deve ser calculada a partir da seguinte fórmula:

$$h_{eff} = h_1 + 0,5 h_2 (l_1 + l_2 / l_1 + l_3)$$

0 - Referências



h_1 | Espessura de betão por cima da chapa ondulada.
(Espessura da lâmina de compressão)

h_2 | Altura da onda

h_3 | Pavimento ou betonilha

1 | Pavimento

2 | Betão

3 | Chapa metálica

Mediante a espessura efetiva da laje mista obtida e da espessura do pavimento (h_3), a resistência ao fogo pode ser determinada com base nas tabelas do Código Técnico de Edificações (CTE) das lajes de betão.

Laje mista colaborante		
Resistência ao Fogo Normalizada	Espessura Eficaz da Laje	Recobrimento da Armadura
REI 30	60 mm	10 mm
REI 60	80 mm	20 mm
REI 90	100 mm	25 mm
REI 120	120 mm	35 mm
REI 180	150 mm	50 mm
REI 240	175 mm	60 mm

Em caso de precisar aumentar a espessura da laje para cumprir com a resistência ao fogo exigida, pode-se aplicar revestimentos sobre a chapa ondulada.

O estabelecimento da espessura a aplicar fundamenta-se com base na espessura equivalente do produto, esta define-se como a equivalência entre a espessura da argamassa face ao betão.

Estes valores de espessura equivalente obtêm-se a partir dos ensaios de resistência ao fogo conforme a norma EN 13381-5.

0 - Referências

BIOFIRE

proteção de lajes mistas
e colaborantes R30 a R120
REI 30 a 240

Descrição

Argamassa BIOFIRE é um produto de base gesso destinado à Proteção Passiva Contra Incêndios em elementos mistos, de aço e de betão.

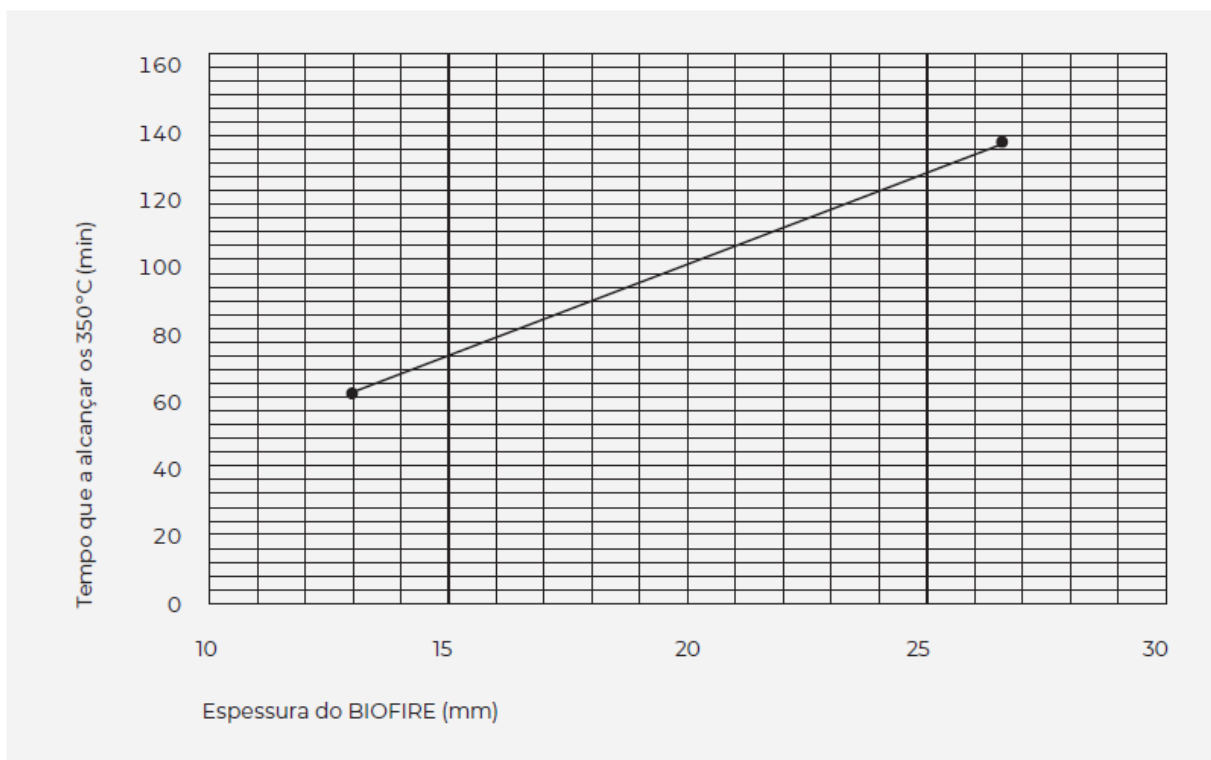
Certificados

Marcação CE do produto. ETA 18/1087
Ensaio segundo a norma europeia EN 13381-5

Campo de aplicação

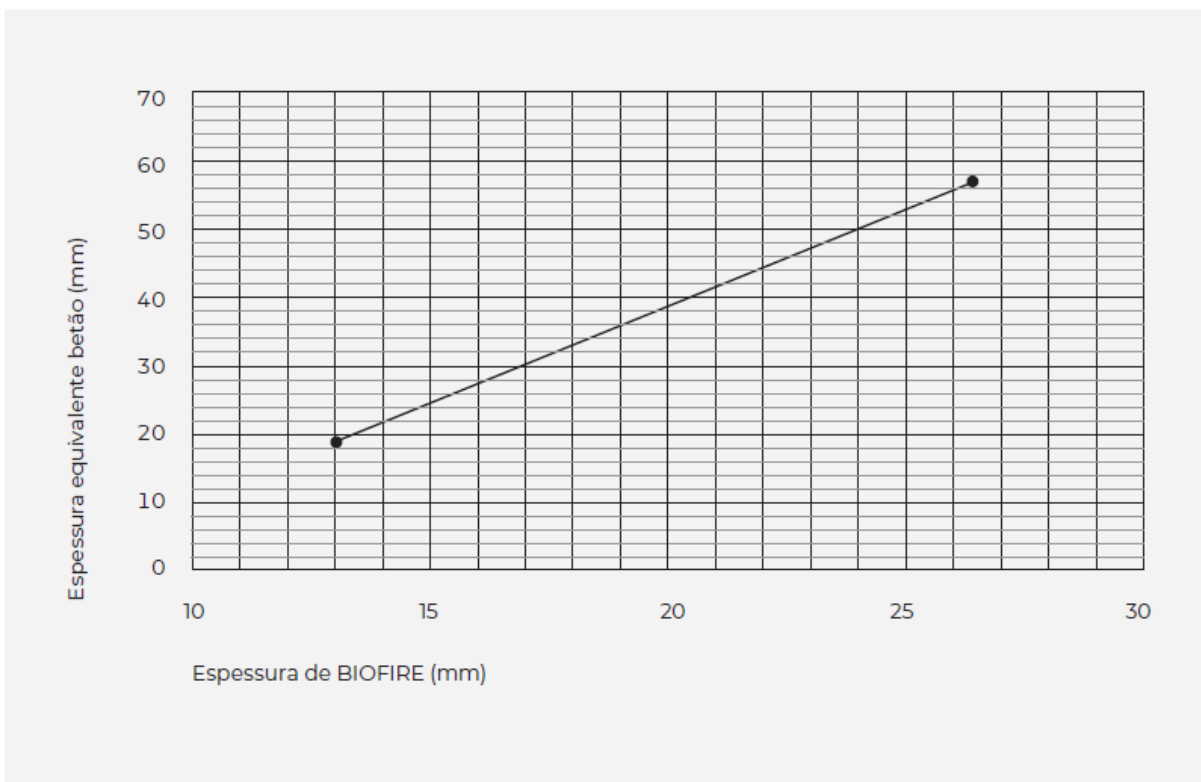
A argamassa BIOFIRE é aplicada por via húmida com um misturador tipo máquina de projeção e compressor. Pode ser aplicado manualmente em zonas de pequena ação ou para a reparação de fissuras. A argamassa é aplicada na chapa de aço sem a necessidade de usar malha nervurada ou ponte de união. O suporte deve estar seco e isento de gordura, pó e sujidade. A temperatura de aplicação deve ser entre 3 e 30 ° C.

Capacidade portante



Tempo em que a chapa perfilada de aço demora a alcançar os 350°C
Dados obtidos na ETA 18/1087

Espessura equivalente



Espessura equivalente de betão para lajes de chapa colaborante em função da espessura da argamassa BIOFIRE Dados obtidos na ETA 18/1087

Gráfico - capacidade portante	
Capacidade portante	Espessura do BIOFIRE
R 30	13 mm
R 60	13 mm
R 90	20 mm
R 120	24 mm

Interpolando os valores do gráfico
Dados obtidos na ETA 18/1087

Gráfico - espessura equivalente	
Espessura de BIOFIRE	Espessura equivalente de betão
13 mm	20 mm
16 mm	25 mm
20 mm	35 mm
24 mm	50 mm
26 mm	57 mm

Interpolando os valores do gráfico Dados obtidos na ETA 18/1087

0 - Referências

EMPRESA DO GRUPO



TRIA - Serviços, Materiais e Equipamentos, SA.
Parque Ind. Manuel Lourenço Ferreira - Lt.43
3450 - 232 Mortágua
//+351 231 927 480 //geral@tria.pt
www.tria.pt

VER.04.20

ANEXO – I: CATÁLOGO BIOFIRE PLUS – TRIA

Proteção Passiva Contra Incêndios

**Proteção contra incêndio
de elementos estruturais**

ARGAMASSA - BIOFIRE PLUS



Argamassas

BIOFIRE PLUS

Argamassa resistente ao fogo para proteção passiva contra incêndio R30 a R240

descrição técnica

Argamassa resistente ao fogo à base de gesso com propriedades de isolamento térmico para proteção passiva contra o fogo em elementos estruturais. A argamassa apresenta uma baixa densidade, o que a torna uma argamassa de alto desempenho.

Biofire Plus é composto por agregados leves e materiais expandidos, aglutinantes hidráulicos, retardadores e aditivos para melhorar a aplicação mecânica.

Não contém amianto.

vantagens



Economia no transporte.
Economia de trabalho (mão-de-obra).
Menor uso de consumíveis.



Aplicação em uma única demão, sem fissuras ou malha metálica.
Até R240 numa única demão.
Massividade até 470 m³.



Melhor acabamento final.
Melhor projeção em altura.
Projeção mais limpa.



Elevada aderência.
Melhor aplicabilidade

especificações

Propriedades	Base	Gesso
	Cor	Branco velho
	Densidade teórica	350 kg/m ³
	Condutividade térmica	0.087 W/mK
	Amianto	Sem amianto
Técnicas	Rendimento teórico	4,1 kg/m ² /cm
	Temperatura de aplicação	Entre 3 e 30 °C
	Resistência ao fogo	Até R240
	Reação ao fogo	A1
	Ambiente de exposição	Tipo Y (semi-exposto)
Gerais	Disponibilidade	17 kg saco 48 sacos/ paleta 816 kg for pallet
	Armazenamento	BIOFIRE PLUS matem as suas propriedades até um ano após a sua entrega, desde que mantido fechado e seco.

Os valores contidos nesta tabela são informativos

Duas vezes mais leve "Entre 30 e 40% menos espessura do que outras argamassas resistentes ao fogo".



aplicação do produto

A argamassa Biofire plus é aplicada por via húmida com recurso a uma máquina de projeção de argamassa do tipo misturador e compressor. Pode ser aplicado manualmente em pequenas áreas de aplicação ou para reparar danos.

Preparação da superfície

A superfície deve estar seca e livre de gorduras, pó e todo o tipo de sujidade. Em superfícies absorventes, recomenda-se pulverizar a superfície com água. Quando a superfície não oferece garantia suficiente de aderência, deve colocar-se uma malha metálica ou aplicar um primário de aderência antes de projetar a argamassa.

Projeção

Misture o produto com água na máquina de pulverização com uma relação água / argamassa de 0,8-1 / 1. Pode ser aplicado com máquina de projeção contínua ou descontínua. Aplicar perpendicularmente na superfície, uma vez que esteja limpo, a uma distância de aproximadamente 20 cm. Até que a espessura exata seja obtida (espessura máxima por camada de 30 mm).

Malha metálica

O BIOFIRE PLUS não requer malha metálica, embora seu uso seja recomendado em elementos de vigas com largura igual ou superior a 500 mm, em pilares onde apenas um lado é projetado e perfis e pilares metálicos quadrados ou retangulares sujeitos a alta deformação.

Acabamento

Argamassa de acabamento rugoso. Se necessário, pode ser afagado. O acabamento pode ser pintado sem afetar a resistência ao fogo do produto.

certificados

O BIOFIRE PLUS foi submetido a testes de resistência ao fogo, análises e estudos técnicos para obter a marcação CE através da Avaliação Técnica Europeia (ETA), que será emitida pelo IETcc (Instituto de Ciências da Construção Eduardo Torroja).

A argamassa BIOFIRE PLUS foi submetida aos seguintes testes de acordo com as normas europeias harmonizadas para determinar sua resistência ao fogo em diferentes sistemas:

- Estrutura de aço.
- Lajes em aço.

estudo de caso

Unidade industrial

Quantidade: **1.000 m²**

Resistência ao fogo requerida: **R90**

Massividade média: **170 m⁻¹**

	Biofire plus	Resultado de outras argamassas
Desempenho teórico	4.1 kg	8.5 kg
Espessura necessária	1.2 cm	2.3 cm
Peso da palete	816 kg	1.080 kg
Consumo	6 Paletes	18 Paletes
Dias de trabalho	4 dias	8 dias

desempenho com Biofire plus

- Entre 60-70% de economia em kg de material.
- 50% de economia de mão-de-obra.
- Redução significativa dos custos de transporte.
- Melhor acabamento com um produto mais limpo.

0 - Referências

BIOFIRE PLUS - TABELA DE ESPESSURAS

Tabela válida para vigas I/H para uma temperatura crítica de 500°C, de acordo com a EN 13381-4.

Vigas I/H. 500°C												
A/V massividade	R30		R60		R90		R120		R180		R240	
(Am/V (m³))	espessura (mm)	consumo (Kg/m²)	espessura (mm)	consumo (Kg/m²)	espessura (mm)	consumo (Kg/m²)	espessura (mm)	consumo (Kg/m²)	espessura (mm)	consumo (Kg/m²)	espessura (mm)	consumo (Kg/m²)
0	10	3,9	10	3,9	10	3,9	10	3,9	18	7,0	27	10,5
10	10	3,9	10	3,9	10	3,9	10	3,9	18	7,0	27	10,5
20	10	3,9	10	3,9	10	3,9	10	3,9	18	7,0	27	10,5
30	10	3,9	10	3,9	10	3,9	10	3,9	18	7,0	27	10,5
40	10	3,9	10	3,9	10	3,9	10	3,9	18	7,0	27	10,5
50	10	3,9	10	3,9	10	3,9	10	3,9	18	7,0	27	10,5
60	10	3,9	10	3,9	10	3,9	10	3,9	18	7,0	27	10,5
70	10	3,9	10	3,9	10	3,9	10	3,9	18	7,0	27	10,5
80	10	3,9	10	3,9	10	3,9	11	4,3	20	7,8	28	10,9
90	10	3,9	10	3,9	10	3,9	12	4,7	21	8,2	30	11,7
100	10	3,9	10	3,9	10	3,9	12	4,7	23	9,0	32	12,5
110	10	3,9	10	3,9	10	3,9	13	5,1	25	9,8	33	12,9
120	10	3,9	10	3,9	10	3,9	14	5,5	25	9,8	35	13,7
130	10	3,9	10	3,9	11	4,3	15	5,9	25	9,8	38	14,8
140	10	3,9	10	3,9	11	4,3	16	6,2	26	10,1	41	16,0
150	10	3,9	10	3,9	12	4,7	16	6,2	26	10,1	-	-
160	10	3,9	10	3,9	12	4,7	17	6,6	26	10,1	-	-
170	10	3,9	10	3,9	12	4,7	18	7,0	27	10,5	-	-
180	10	3,9	10	3,9	13	5,1	19	7,4	27	10,5	-	-
190	10	3,9	10	3,9	13	5,1	20	7,8	27	10,5	-	-
200	10	3,9	10	3,9	13	5,1	20	7,8	28	10,9	-	-
210	10	3,9	10	3,9	14	5,5	21	8,2	28	10,9	-	-
220	10	3,9	10	3,9	14	5,5	22	8,6	28	10,9	-	-
230	10	3,9	10	3,9	15	5,9	22	8,6	29	11,3	-	-
240	10	3,9	10	3,9	15	5,9	23	9,0	29	11,3	-	-
250	10	3,9	10	3,9	15	5,9	23	9,0	29	11,3	-	-
260	10	3,9	11	4,3	16	6,2	24	9,4	29	11,3	-	-
270	10	3,9	11	4,3	16	6,2	25	9,8	30	11,7	-	-
280	10	3,9	11	4,3	17	6,6	25	9,8	30	11,7	-	-
290	10	3,9	11	4,3	17	6,6	25	9,8	30	11,7	-	-
300	10	3,9	12	4,7	17	6,6	25	9,8	31	12,1	-	-
310	10	3,9	12	4,7	18	7,0	26	10,1	31	12,1	-	-
320	10	3,9	12	4,7	18	7,0	26	10,1	31	12,1	-	-
330	10	3,9	12	4,7	18	7,0	26	10,1	32	12,5	-	-
340	10	3,9	12	4,7	19	7,4	26	10,1	32	12,5	-	-
350	10	3,9	13	5,1	19	7,4	27	10,5	32	12,5	-	-
360	10	3,9	13	5,1	19	7,4	27	10,5	33	12,9	-	-
370	10	3,9	13	5,1	20	7,8	27	10,5	33	12,9	-	-
380	10	3,9	13	5,1	20	7,8	27	10,5	33	12,9	-	-
390	10	3,9	13	5,1	21	8,2	28	10,9	33	12,9	-	-
400	10	3,9	14	5,5	21	8,2	28	10,9	34	13,3	-	-
410	10	3,9	14	5,5	21	8,2	28	10,9	34	13,3	-	-
420	10	3,9	14	5,5	22	8,6	28	10,9	34	13,3	-	-
430	10	3,9	14	5,5	22	8,6	29	11,3	35	13,7	-	-
440	10	3,9	14	5,5	22	8,6	29	11,3	35	13,7	-	-
450	10	3,9	15	5,9	23	9,0	29	11,3	35	13,7	-	-
460	10	3,9	15	5,9	23	9,0	29	11,3	36	14,0	-	-
470	10	3,9	15	5,9	23	9,0	30	11,7	37	14,4	-	-
475	10	3,9	15	5,9	24	9,4	30	11,7	37	14,4	-	-

0 - Referências

BIOFIRE PLUS - TABELA DE ESPESSURAS

Tabela válida para pilares I / H para uma temperatura crítica de 500°C, de acordo com a EN 13381-4.

Pilares I/H. 500°C												
A/V massividade	R30		R60		R90		R120		R180		R240	
(Am/V (m ³))	espessura (mm)	consumo (Kg/m ²)	espessura (mm)	consumo (Kg/m ²)	espessura (mm)	consumo (Kg/m ²)	espessura (mm)	consumo (Kg/m ²)	espessura (mm)	consumo (Kg/m ²)	espessura (mm)	consumo (Kg/m ²)
0	9	3,5	9	3,5	9	3,5	10	3,9	18	7,0	27	10,5
10	9	3,5	9	3,5	9	3,5	10	3,9	18	7,0	27	10,5
20	9	3,5	9	3,5	9	3,5	10	3,9	18	7,0	27	10,5
30	9	3,5	9	3,5	9	3,5	10	3,9	18	7,0	27	10,5
40	9	3,5	9	3,5	9	3,5	10	3,9	18	7,0	27	10,5
50	9	3,5	9	3,5	9	3,5	10	3,9	18	7,0	27	10,5
60	9	3,5	9	3,5	9	3,5	10	3,9	18	7,0	27	10,5
70	9	3,5	9	3,5	9	3,5	10	3,9	18	7,0	27	10,5
80	9	3,5	9	3,5	9	3,5	11	4,3	20	7,8	28	10,9
90	9	3,5	9	3,5	9	3,5	12	4,7	21	8,2	30	11,7
100	9	3,5	9	3,5	10	3,9	12	4,7	23	9,0	32	12,5
110	9	3,5	9	3,5	10	3,9	13	5,1	25	9,8	33	12,9
120	9	3,5	9	3,5	10	3,9	14	5,5	25	9,8	35	13,7
130	9	3,5	9	3,5	11	4,3	15	5,9	25	9,8	38	14,8
140	9	3,5	9	3,5	11	4,3	16	6,2	26	10,1	41	16,0
150	9	3,5	9	3,5	12	4,7	16	6,2	26	10,1	-	-
160	9	3,5	9	3,5	12	4,7	17	6,6	26	10,1	-	-
170	9	3,5	9	3,5	12	4,7	18	7,0	27	10,5	-	-
180	9	3,5	9	3,5	13	5,1	19	7,4	27	10,5	-	-
190	9	3,5	9	3,5	13	5,1	20	7,8	27	10,5	-	-
200	9	3,5	9	3,5	13	5,1	20	7,8	28	10,9	-	-
210	9	3,5	10	3,9	14	5,5	21	8,2	28	10,9	-	-
220	9	3,5	10	3,9	14	5,5	22	8,6	28	10,9	-	-
230	9	3,5	10	3,9	15	5,9	22	8,6	29	11,3	-	-
240	9	3,5	10	3,9	15	5,9	23	9,0	29	11,3	-	-
250	9	3,5	10	3,9	15	5,9	23	9,0	29	11,3	-	-
260	9	3,5	11	4,3	16	6,2	24	9,4	29	11,3	-	-
270	9	3,5	11	4,3	16	6,2	25	9,8	30	11,7	-	-
280	9	3,5	11	4,3	17	6,6	25	9,8	30	11,7	-	-
290	9	3,5	11	4,3	17	6,6	25	9,8	30	11,7	-	-
300	9	3,5	12	4,7	17	6,6	25	9,8	31	12,1	-	-
310	9	3,5	12	4,7	18	7,0	26	10,1	31	12,1	-	-
320	9	3,5	12	4,7	18	7,0	26	10,1	31	12,1	-	-
330	9	3,5	12	4,7	18	7,0	26	10,1	32	12,5	-	-
340	9	3,5	12	4,7	19	7,4	26	10,1	32	12,5	-	-
350	9	3,5	13	5,1	19	7,4	27	10,5	32	12,5	-	-
360	9	3,5	13	5,1	19	7,4	27	10,5	33	12,9	-	-
370	9	3,5	13	5,1	20	7,8	27	10,5	33	12,9	-	-
380	9	3,5	13	5,1	20	7,8	27	10,5	33	12,9	-	-
390	9	3,5	13	5,1	21	8,2	28	10,9	33	12,9	-	-
400	9	3,5	14	5,5	21	8,2	28	10,9	34	13,3	-	-
410	9	3,5	14	5,5	21	8,2	28	10,9	34	13,3	-	-
420	9	3,5	14	5,5	22	8,6	28	10,9	34	13,3	-	-
430	9	3,5	14	5,5	22	8,6	29	11,3	35	13,7	-	-
440	9	3,5	14	5,5	22	8,6	29	11,3	35	13,7	-	-
450	9	3,5	15	5,9	23	9,0	29	11,3	35	13,7	-	-
460	9	3,5	15	5,9	23	9,0	29	11,3	36	14,0	-	-
470	9	3,5	15	5,9	23	9,0	30	11,7	37	14,4	-	-
475	9	3,5	15	5,9	24	9,4	30	11,7	37	14,4	-	-

0 - Referências

BIOFIRE PLUS - TABELA DE ESPESSURAS

Tabela válida para perfis ocós para uma temperatura crítica de 500°C, de acordo com a EN 13381-4.

Perfis ocós 500°C												
A/V massividade	R30		R60		R90		R120		R180		R240	
(Am/V (m³))	espessura (mm)	consumo (Kg/m²)	espessura (mm)	consumo (Kg/m²)	espessura (mm)	consumo (Kg/m²)	espessura (mm)	consumo (Kg/m²)	espessura (mm)	consumo (Kg/m²)	espessura (mm)	consumo (Kg/m²)
0	10	3,9	10	3,9	10	3,9	11	4,3	19	7,4	29	11,3
10	10	3,9	10	3,9	10	3,9	11	4,3	19	7,4	29	11,3
20	10	3,9	10	3,9	10	3,9	11	4,3	19	7,4	29	11,3
30	10	3,9	10	3,9	10	3,9	11	4,3	19	7,4	29	11,3
40	10	3,9	10	3,9	10	3,9	11	4,3	19	7,4	29	11,3
50	10	3,9	10	3,9	10	3,9	11	4,3	19	7,4	29	11,3
60	10	3,9	10	3,9	10	3,9	11	4,3	19	7,4	29	11,3
70	10	3,9	10	3,9	10	3,9	11	4,3	19	7,4	29	11,3
80	10	3,9	10	3,9	10	3,9	12	4,7	21	8,2	31	12,1
90	10	3,9	10	3,9	10	3,9	13	5,1	23	9,0	33	12,9
100	10	3,9	10	3,9	11	4,3	14	5,5	25	9,8	35	13,7
110	10	3,9	10	3,9	11	4,3	15	5,9	28	10,9	37	14,4
120	11	4,3	11	4,3	12	4,7	16	6,2	28	10,9	39	15,2
130	11	4,3	11	4,3	12	4,7	17	6,6	29	11,3	-	-
140	11	4,3	11	4,3	13	5,1	18	7,0	29	11,3	-	-
150	11	4,3	11	4,3	13	5,1	19	7,4	30	11,7	-	-
160	11	4,3	11	4,3	14	5,5	20	7,8	31	12,1	-	-
170	11	4,3	11	4,3	14	5,5	21	8,2	31	12,1	-	-
180	11	4,3	11	4,3	15	5,9	22	8,6	32	12,5	-	-
190	11	4,3	11	4,3	15	5,9	23	9,0	32	12,5	-	-
200	11	4,3	11	4,3	16	6,2	24	9,4	33	12,9	-	-
210	11	4,3	12	4,7	17	6,6	26	10,1	34	13,3	-	-
220	11	4,3	12	4,7	17	6,6	27	10,5	34	13,3	-	-
230	12	4,7	12	4,7	18	7,0	27	10,5	35	13,7	-	-
240	12	4,7	13	5,1	18	7,0	28	10,9	36	14,0	-	-
250	12	4,7	13	5,1	19	7,4	29	11,3	36	14,0	-	-
260	12	4,7	13	5,1	20	7,8	30	11,7	37	14,4	-	-
270	12	4,7	14	5,5	20	7,8	31	12,5	37	14,4	-	-
280	12	4,7	14	5,5	21	8,2	31	12,5	37	14,4	-	-
290	12	4,7	14	5,5	21	8,2	31	12,5	38	14,8	-	-
300	12	4,7	14	5,5	21	8,2	32	12,5	38	14,8	-	-
310	12	4,7	15	5,9	22	8,6	32	12,5	39	15,2	-	-
320	12	4,7	15	5,9	22	8,6	32	12,5	39	15,2	-	-
330	12	4,7	15	5,9	23	9,0	33	12,9	39	15,2	-	-
340	12	4,7	15	5,9	23	9,0	33	12,9	40	15,6	-	-
350	12	4,7	16	6,2	24	9,4	33	12,9	40	15,6	-	-
360	12	4,7	16	6,2	24	9,4	34	13,3	40	15,6	-	-
370	12	4,7	16	6,2	25	9,8	34	13,3	41	16,0	-	-
380	12	4,7	16	6,2	25	9,8	34	13,3	41	16,0	-	-
390	12	4,7	17	6,6	26	10,1	35	13,7	-	-	-	-
400	12	4,7	17	6,6	26	10,1	35	13,7	-	-	-	-
410	12	4,7	17	6,6	26	10,1	35	13,7	-	-	-	-
420	12	4,7	17	5,5	27	10,5	35	13,7	-	-	-	-
430	12	4,7	18	7,0	27	10,5	36	14,0	-	-	-	-
440	12	4,7	18	7,0	28	10,9	36	14,0	-	-	-	-
450	12	4,7	18	7,0	28	10,9	36	14,0	-	-	-	-
460	12	4,7	18	7,0	29	11,3	37	14,4	-	-	-	-
470	12	4,7	19	7,4	29	11,3	37	14,4	-	-	-	-
475	12	4,7	19	7,4	29	11,3	37	14,4	-	-	-	-

0 - Referências



0 - Referências



TRIA
Serviços, Materiais
e Equipamentos, SA.

Parque Ind. Manuel
Lourenço Ferreira - Lt. 43
3450-232 Mortágua -
Portugal

+351 231 927 480
geral@tria.pt

ANEXO – J: CATÁLOGO FLAMOPAINT W3 – TRIA

Proteção Passiva Contra Incêndios

Proteção de estruturas

PINTURA INTUMESCENTE - FLAMOPAINT W3



TRIA

FLAMOPAINT W3

descrição

FLAMOPAINT W3 é uma pintura intumescente de base aquosa, branca, de baixa espessura, desenvolvida para proteção passiva contra incêndios de estruturas metálicas de interior ou semiexpostas. Proporciona uma classe de resistência ao fogo de até 90 minutos - R 90. FLAMOPAINT W3 não contém solventes pelo que é um dos produtos com mais baixo conteúdo em COVs do mercado: <0,5 g/l.

preparação da superfície / condições de aplicação

Aplicar sobre uma superfície limpa, sem danos, seca e revestida com um primário compatível.

Utilizar um primário adequado para aço galvanizado.

Aplicar o primário conforme as recomendações do fabricante.

FLAMOPAINT W3, só pode ser aplicado quando a temperatura do ar e do aço estiverem acima de 5°C e a humidade relativa for inferior a 80%. A temperatura da superfície do aço deve estar pelo menos 3°C acima do ponto de orvalho.

Assegure que o aço está seco e fora do alcance de água da chuva ou condensações durante a aplicação e secagem do FLAMOPAINT W3.

aplicação

Pronto a usar, não deve ser diluído. Homogeneizar bem o conteúdo com um misturador mecânico antes de iniciar a aplicação.

Pode ser pintado com uma tinta de acabamento final desde que assegurada a sua compatibilidade com FLAMOPAINT W3

equipamentos de aplicação

Por pistola Airless

A espessura máxima aplicada com uma só demão é de 1 mm. Pode aplicar-se duas demãos no mesmo dia se a primeira estiver seca, a temperatura for superior a 20°C e a humidade relativa for inferior a 70 %.

Pressão 2500 – 3000 psi (175 – 210 Kg/cm²).

Tamanho da boquilha 19-25 milésimas de polegada.

Ângulo do leque 20° - 40°.

Diâmetro da mangueira

10 mm (3/8") diâmetro interno.

Comprimento da mangueira Max. 60 metros.

Trincha ou rolo:

Utilizar uma trincha de pelo macio, para evitar traços horizontais e para não deixar marcas, ou um rolo de pelo curto para um acabamento mais uniforme. A espessura máxima aplicável com uma demão é de 1,0mm

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Composição	Base aquosa
Cor	Branco
Densidade	1.38 ± 0.02 (kg/l)
Volume em sólidos	70 % ± 3 %
COV	< 0.5 g/litro
Viscosidade	300-350 P (misturador de 6 mm a 20 rpm)
Rendimento	503 g/m ² a 250 Micron em seco
Vida útil	9 meses - fechado na embalagem original. Não deve ser aberto até à data de uso.
Armazenamento	entre 5 – 35 °C local seco
Embalagem	Balde de 25 Kg

0 - Referências

TEMPOS DE SECAGEM (SECAGEM COM POUCA VENTILAÇÃO)				
Grau de humidade	Espessura de filme humido	10°C	20°C	30°C
30 %	0.3 mm	4,50 h.	3,75 h.	2,25 h.
	0.6 mm	6,25 h.	5,25 h.	4,50 h.
	1 mm	9,00 h.	6,00 h.	6,00 h.
50 %	0.3 mm	5,00 h.	4,50 h.	3,00 h.
	0.6 mm	9,00 h.	6,25 h.	3,00 h.
	1 mm	12,00 h.	9,00 h.	7,50 h.

TEMPOS DE SECAGEM (SECAGEM COM MUITA VENTILAÇÃO)				
Grau de humidade	Espessura de filme humido	10°C	20°C	30°C
30 %	0.3 mm	2,25 h.	1,50 h.	1,50 h.
	0.6 mm	3,75 h.	3,00 h.	2,25 h.
	1 mm	4,50 h.	3,75 h.	3,00 h.
50 %	0.3 mm	3,00 h.	2,25 h.	1,50 h.
	0.6 mm	4,50 h.	3,75 h.	3,00 h.
	1 mm	6,00 h.	4,50 h.	3,75 h.

informação

A TRIA possui um corpo técnico que presta assistência na seleção e especificação dos seus produtos. Para mais informações, especificações e aconselhamento técnico, entre em contacto connosco pelo email: geral@tria.pt.

Garantia: Os produtos TRIA são fabricados segundo rígidos padrões de qualidade. Qualquer produto que aplicado de acordo com as instruções escritas da TRIA e em qualquer aplicação recomendada pela TRIA,

mas que comprovadamente apresente defeitos na qualidade do produto, será substituído sem custos para o cliente. Nenhuma responsabilidade pode ser aceita pelas informações fornecidas neste documento, elas são publicadas de boa-fé e acreditadas como corretas. A TRIA reserva-se o direito de alterar as especificações do produto sem aviso prévio, de acordo com a política de desenvolvimento e melhoria contínua da nossa empresa.

0 - Referências

EMPRESA DO GRUPO



TRIA - Serviços, Materiais e Equipamentos, SA.
Parque Ind. Manuel Lourenço Ferreira - Lt.43
3450 - 232 Mortágua
//+351 231 927 480 //geral@tria.pt
www.tria.pt

VER.03.20

ANEXO – K: CATÁLOGO TRIA IC300 WB

Proteção Passiva Contra Incêndios

Proteção de estruturas

IGNIFUGAÇÃO DE MATERIAIS - TRIA IC300 WB



Ignifugação de materiais

TRIA IC300 WB

Revestimento Intumescente Aquoso

Descrição

TRIA IC300 WB é um revestimento intumescente aquoso de um componente cujas principais propriedades são:

Sob a ação do calor, produz uma espuma isolante de muito baixa condutividade térmica, protegendo o suporte da ação do fogo; Certificado segundo Norma Europeia ENV 13381-8 para estruturas metálicas; Certificado segundo Norma Europeia EN 13501-1 para ignifugação de madeira;

Aplicação em interiores e em exteriores. Em exteriores, sempre que se use como acabamento, é recomendado que se aplique um esmalte;

Facilidade de aplicação;

Alta espessura por demão;

Sem problemas de repintura;

Rápida secagem.

Campo de aplicação

Proteção contra o fogo de estruturas de aço e ignifugação de madeira.

Características

Resistência ao Fogo | O esquema TRIA IC300 WB está certificado para pilares e vigas segundo a Norma ENV 13381-8.

Reação ao fogo | TRIA IC300 WB está certificado com a classificação B-s2, d0, para estruturas metálicas e com classificação B-s1, d0, para madeira (aplicação de 0,5 L/m²), segundo a Norma EN 13501-1.

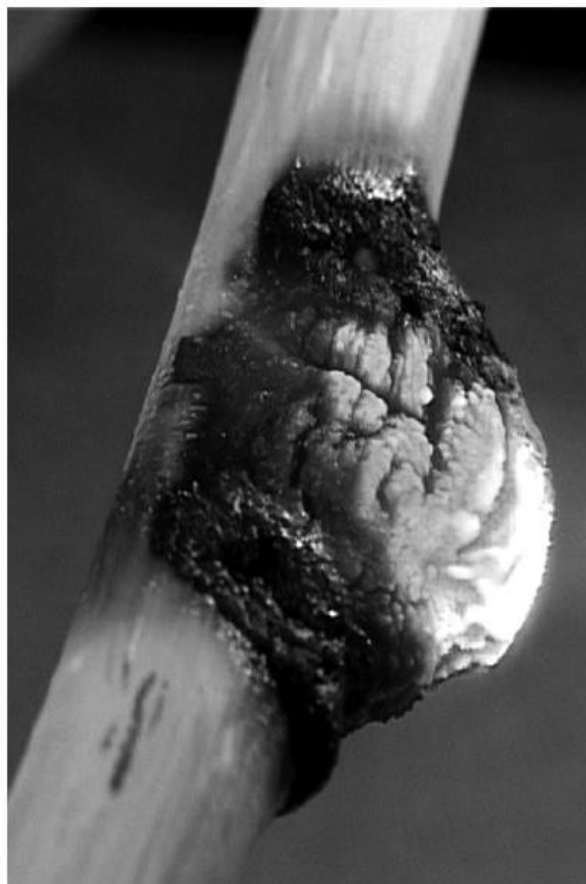
Preparação de superfície

Estruturas metálicas

O resultado da pintura é proporcional ao grau de preparação da superfície. Ter em atenção as recomendações para o primário específico utilizado. Antes da repintura, a película deve estar limpa, seca e isenta de quaisquer contaminantes.

Estruturas de madeira

Eliminar o pó, óleos e outros contaminantes. Fazer uma lixagem com lixa de grão médio.



0 - Referências

TRIA IC300 WB			
Propriedades			
Acabamento	Mate		
Cor	Branco		
Componentes	1		
Sólidos em volume	71% (ISO 3233) Pequenas variações ($\pm 3\%$) podem ocorrer devido à diferenças entre cores e imprecisões do método		
Massa volúmica	1,46 \pm 0,02 g/mL		
Espessura recomendada por demão (seca)	200 - 600 μm A espessura de película seca máxima por demão depende do método de aplicação:		
	Airless	Pistola convencional	
	Espessura (μm) até 600	Espessura (μm) até 300	
	A espessura de película seca recomendada depende da massividade dos perfis a proteger, da estabilidade ao fogo requerida e da temperatura crítica da estrutura. Para determinar a espessura de película seca para a estabilidade ao fogo requerida, é necessário, em primeiro lugar, calcular os valores de massividade ($H_{p,fa}$) do perfil a proteger. A espessura de película seca é determinada a partir das tabelas de resultados oficiais de Estabilidade ao Fogo.		
Nº de demãos	Depende da espessura seca necessária para o grau de proteção pretendido e do processo de aplicação.		
Método de aplicação	Pistola Convencional e airless		
Rendimento teórico	3,5 m ² /L a 200 μm 1,2 m ² /L a 600 μm Considerem-se as perdas por aplicação, irregularidades da superfície, etc.		
Tempo de secagem	A 20°C:	200 μm	600 μm
	Ao tato	1 hora	2 horas
Profundidade	3 horas	5 horas	
Repintura	Min: 3 horas	Min: 5 horas	
		Max: Ilimitado	
Os tempos de secagem dependem da temperatura, ventilação e espessura da tinta.			

Esquema de pintura

Estruturas metálicas primários recomendados

Epoxis de dois componentes: C-Pox Primer ZP150, C-Pox Primer ZP200, C-Pox ST 180AL.

Epoxis de dois componentes ricos em zinco: C-Pox Primer ZN650, C-Pox Primer ZN800, C-Pox Primer ZN860.

Alquídicos: C-Primer S450 S, Imprímex SR

Acrílicos: Primer W790

Podem ser usados primários do mesmo tipo. Estes deverão ter certificado de reação ao fogo. Segundo EN 13501-1. O acabamento deverá ser escolhido em função das condições ambientais a que estrutura fica exposta. Acabamentos aprovados: Enamel W940, Enamel S300, C-Cryl S450 MIO, C-Cryl S460 AL, C-Thane RPS-HS.

TRIA IC300 WB		
Acabamento	Condições ambientais	Espessuras recomendadas
-	Z2	-
Enamel S300	Z2, Z1	40 - 80 µm
W940	Z2, Z1	50 - 80 µm
C-Cryl S450 MIO	Z2, Z1, Y	80 - 100 µm
C-Cryl S460 AL	Z2, Z1, Y	50 - 100 µm
C-Thane RPS-HS	Z2, Z1, Y, X	120 - 130 µm

Tipo X

Esquema de pintura reativo para todas as condições (interior, semi exposto e exposto).

Tipo Y

Esquema de pintura reativo para condições internas e semi expostas. Semi expostas incluem temperaturas abaixo dos 0°C, não exposição à chuva e exposição limitada aos UV (mas não está valorado).

Tipo Z1

Esquema de pintura reativo para condições de interior (excluindo temperaturas abaixo dos 0°C) com alta humidade. (Classe 5 de acordo com EN ISO 13788).

Tipo Z2

Esquema de pintura reativo para condições de interior (excluindo temperaturas abaixo de 0°C) com outras classes de humidade especificadas em Z1.

Estruturas de madeira

Aplicar a primeira demão de TRIA IC300 WB diluída ao 10%. A segunda demão deverá ser aplicada sem diluição para um consumo total entre as duas demãos de 0,5 L/m². Acabamentos recomendados:

- Enamel W940; - Enamel S300;

- C-Cryl W720 HB; - C-Thane W280 AG;

Esquema válido apenas para interiores.

Condições de aplicação

Em zonas fechadas, deverão criar-se boas condições de ventilação durante a aplicação e secagem, de forma a que os solventes sejam eliminados. Temperatura 5 - 45°C | Humidade relativa < 85%. Temperatura mínima do suporte 3°C acima do ponto de orvalho.

Equipamento de aplicação

Aplicação de TRIA IC300 WB - convencional	
pistola convencional	Recomendado
Bico	0,086 - 0,125 polegadas (2,18 - 3,17 mm)
Pressão de ar	3,1 - 5,3 kg/cm ²
Pressão da tinta	1,4 - 2,4 kg/cm ²
Diluição	0 - 10 %
Diluyente	água
Diluyente de limpeza	água

Aplicação de TRIA IC300 WB - airless	
pistola airless	Recomendado
Bico	0,021 - 0,023 polegadas (0,53 - 0,58 mm)
Pressão de compressão	30 : 1
Pressão de trabalho	192 - 256 kg/cm ²
Diluição	0 - 5 %
Diluyente	água
Diluyente de limpeza	água

Nota: Aplicação trincha/rolo não recomendado

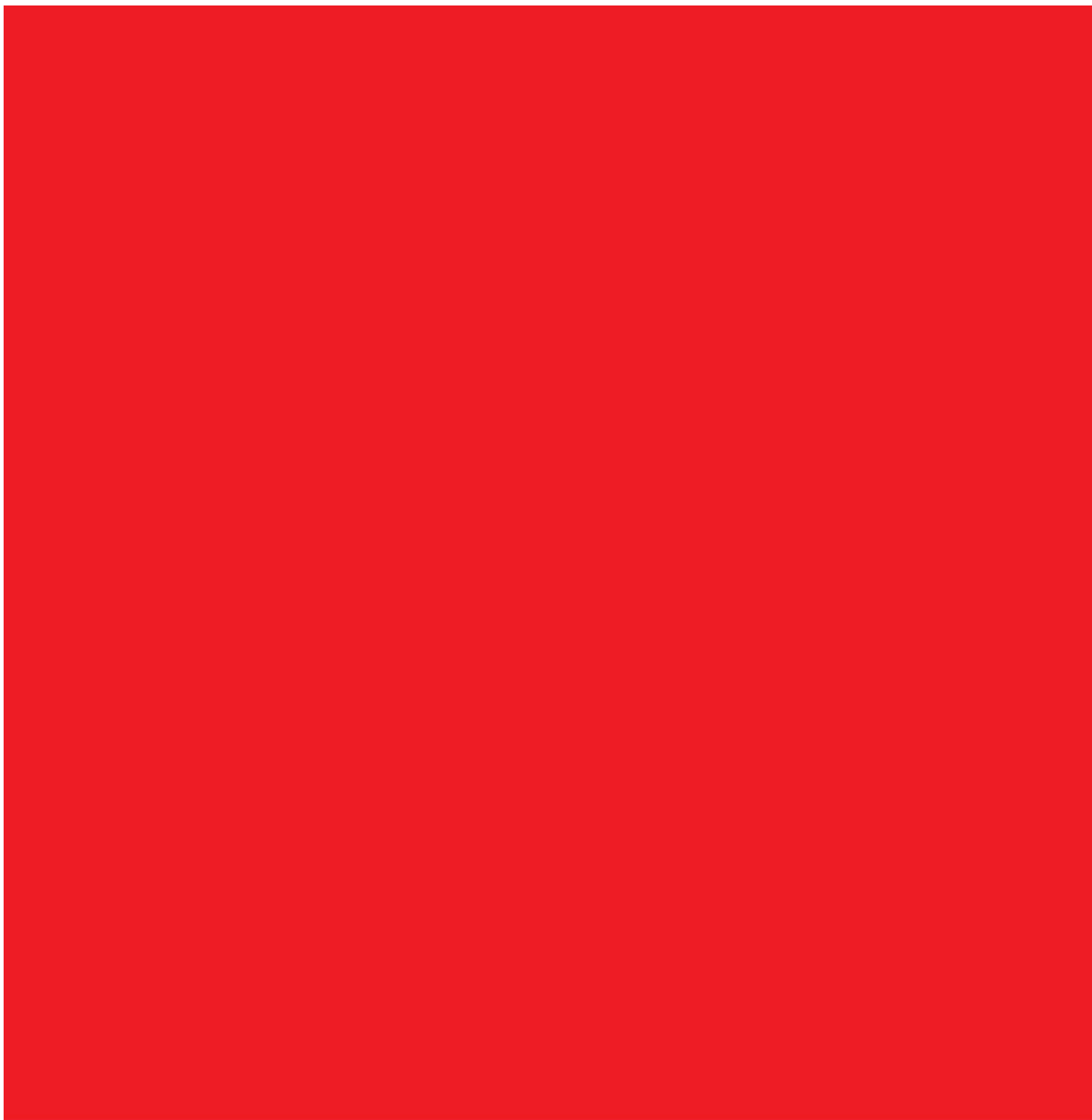
Estruturas metálicas

O resultado da pintura é proporcional ao grau de preparação da superfície. Ter em atenção as recomendações para o primário específico utilizado. Antes da repintura, a película deve estar limpa, seca e isenta de quaisquer contaminantes.

Estruturas de madeira

Eliminar o pó, óleos e outros contaminantes. Fazer uma lixagem com lixa de grão médio.

0 - Referências



TRIA
Serviços Materiais
e Equipamentos, SA.

Parque Ind. Manuel
Lourenço Ferreira - Lt. 43
3450-232 Mortágua -
Portugal

+351 231 927 480
geral@tria.pt

ANEXO – L: CATÁLOGO FLAMOPAINT W-S – TRIA

Proteção Passiva Contra Incêndios

Proteção de estruturas

REVESTIMENTO INTUMESCENTES - FLAMOPAINT W-S

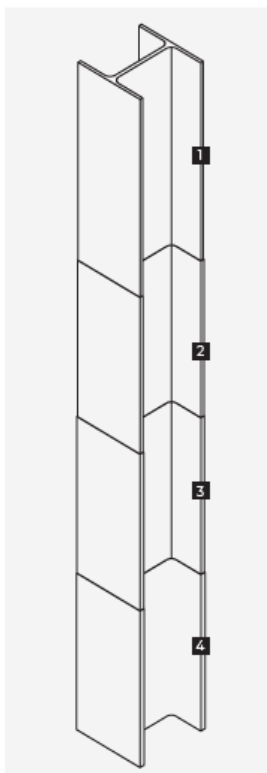


Revestimento intumescente

FLAMOPAINT W-S
R30 a R120

Descrição

FLAMOPAINT W ou FLAMOPAINT S são revestimentos intumescentes de base água ou solvente respetivamente, desenvolvidos e ensaiados para, com uma fina película, assegurar a proteção contra a ação do fogo em Estruturas Metálicas, conciliando arquitetura e segurança contra incêndios em edifícios. As soluções FLAMOPAINT foram ensaiadas em conformidade com as Normas Europeias numa grande variedade de perfis metálicos, fechados e abertos, expostos a diferentes tipos de ações e para diferentes temperaturas críticas.



Vantagens

Assegura até 120 minutos de Proteção em Incêndios Celulósicos (R120); Secagem rápida, permite a redução de tempo entre demãos; Aplicação de até 1000 microns de espessura numa só demão; Adequado para ambientes, interiores e exteriores, de C1 a C4 (ISO 12944). Para ambientes interiores (C1) não é necessária a aplicação de pintura de acabamento; Testada de acordo com a ENV 13381-8.

- 1 | Acabamento à cor RAL
- 2 | Revestimento intumescente FLAMOPAINT W ou FLAMOPAINT S - espessura em função da classe de resistência ao fogo, temperatura crítica e massividade/fator forma do elemento a proteger.
- 3 | Primário compatível com FLAMOPAINT W ou FLAMOPAINT S
- 4 | Aço decapado grau Sa 2 ½

Características

FLAMOPLAINT W-S		
Cor e brilho	Branco Mate	
Espessura recomendada (seca)	A espessura seca requerida para o filme deve estar de acordo com o relatório de classificação.	
Intervalos entre demãos	Mínimo 4 horas (com o próprio); Mínimo 24 horas (com o acabamento).	
Condições de aplicação	Primário compatível (ou aprovado), superfície seca, limpa e isenta de contaminações; Temperatura mínima do substrato: 3°C acima do ponto de orvalho; Temperatura de aplicação: superior a 5°C e inferior a 40°C; Humidade Relativa durante a aplicação: inferior a 85%.	
Preparação para aplicações	Mexer até à homogeneização completa do FLAMOPAINT W ou FLAMOPAINT S. O excesso de solvente aumenta a possibilidade de escorrimentos. Respeitar as recomendações de diluição.	
Aplicação por pistola airless	Diluição recomendada	Quando necessário, até 5%, usar um diluente aprovado
	Ângulo do bico	20° a 50°, dependendo da configuração das peças de aço a proteger
	Diâmetro de abertura do bico	De 0,48 mm a 0,53 mm
	Pressão no bico	20 MPa (cerca de 200 bar)
	Diluyente de limpeza	Usar um diluyente aprovado
Aplicação por trincha/rolo	Utilização	Apenas para pequenas áreas (retoques e reparações)
	Diluição recomendada	Não diluir
Diluyente de limpeza	Usar um diluyente aprovado	
Tempos de secagem	Os tempos de secagem podem variar consideravelmente dependendo das condições ambientais de aplicação, da secção A/V m-1 (Hp/A) e da espessura de filme aplicado.	
Espessura do revestimento	Espessura em função da classe de resistência ao fogo, temperatura crítica e massividade/fator forma do elemento a proteger. Consultar o Dep. Técnico da TRIA	

0 - Referências



TRIA
Serviços Materiais
e Equipamentos, SA.

Parque Ind. Manuel
Lourenço Ferreira - Lt. 43
3450-232 Mortágua -
Portugal

+351 231 927 480
geral@tria.pt