U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

ANÁLISE DA REGULAMENTAÇÃO DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO EM EDIFÍCIOS INDUSTRIAIS

Orientações para enquadramento legislativo

CLÁUDIA LUÍS GONÇALVES

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador:

Professor Doutor Miguel Jorge Chichorro Rodrigues Gonçalves

Coorientador:

Professor Gonçalo Manuel Fernandes Perestrelo

MARÇO DE 2024

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2023/2024

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ m.ec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌍 http://www.fe.up.pt

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado em Engenharia Civil - 2023/2024 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2024*.

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

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

À minha família

If i have seen further it is by standing on the shoulders of giants

Isaac Newton

AGRADECIMENTOS

É com grande satisfação que chego ao momento de escrever os agradecimentos. Foram anos de muita luta, suor e lágrimas, mas de muita felicidade, vitórias e sonhos alcançados, que pude partilhar com muitas pessoas.

Em primeiro lugar, agradeço ao meu Orientador e Mentor, Professor Miguel Chichorro Gonçalves, pela orientação fora de série, disponibilidade e apoio, e que mesmo com as adversidades da vida continuou presente. Em segundo lugar, agradeço pela compreensão e energia contagiante. É um professor que nos marca enquanto estudantes e jovens Engenheiros, e enquanto pessoa. Aceitou todos os desafios e todas as ideias que tive ao longo do meu percurso, sempre acreditando em mim, às vezes mais do que eu me atrevia a acreditar. Agradeço também pela envolvência que me proporcionou na comunidade de Segurança contra Incêndios, algo que me ajudou a visualizar a minha vocação e me ensinou a tornar-me mais ambiciosa. Por fim, agradeço todos os conselhos e conhecimento que me passou, que levo para o futuro com muita estima.

Deixo um agradecimento especial à Professora Isabel Ribeiro e ao Professor José Amorim Faria, que de formas diferentes, me impactaram profundamente em fases difíceis da minha vida, e que tanto contribuíram para este momento.

Agradeço ao Sr. Miguel Garcia pelo papel que desempenhou na determinação do tema da minha Dissertação. Ao Engenheiro Tiago Gouveia e restante equipa, por todo o apoio e boa disposição.

Agradeço ao Professor Gonçalo Perestrelo, pelo contacto com o Engenheiro Miguel Azevedo, pela partilha de bibliografia, pelas conversas em congresso e debates sobre o tema que me serviram de muito. Agradeço ao Engenheiro Miguel Azevedo, pelos insights tão valiosos e pelos livros que me emprestou, de enorme peso no trabalho.

Agradeço a todos os Engenheiros da área com quem tive oportunidade de conversar durante este tempo, em vários contextos, e que contribuíram para as minhas reflexões e ideias.

Agradeço ao meu colega Rafael Lobo por ter partilhado comigo o seu trabalho e reflexões.

Ao meu colega e amigo Rui, obrigada por todas as discussões, sofrimento partilhado e todos os truques que me ensinaste, muito valiosos para este trabalho.

À minha Mãe, quero expressar a minha maior gratidão, por seres o meu pilar, e a minha maior apoiante. Agradeço-te por saberes sempre ligar a minha máquina, mesmo nos momentos em que tenho a certeza que já não existe mais nada para carburar. Mostras-me sempre que há muito mais além dos limites que me imponho, e que o verdadeiro poder reside em ter sempre uma Família para onde voltar. Fizeste de mim uma pessoa que se desafia e que não tem medo. Nada disto seria possível sem ti. Ao meu irmão Tiago, agradeço-te por seres a pessoa mais engraçada que conheço, o meu melhor amigo, pela cumplicidade, por teres o poder infinito de me inspirares, e claro, tirar as más energias em todo e qualquer momento. Ao meu pai, obrigada por tudo que me passaste nestes tempos.

À minha amada avó Mélita, agradeço-te por todos os valores, abraços, almoços de domingo e por tudo o que vivemos juntas. Sei que a Engenharia Civil não era o percurso que ambicionavas para mim, mas espero agora poder proporcionar-te uma perspetiva diferente, e que vejas que este é o meu caminho. Ao meu tio Mané, agradeço pela energia tão única e motivação que sempre me transmitiste, e que continuas a passar. Lembro-me do dia em que te disse que ia estudar Engenharia Civil, o brilho e o orgulho nunca desvaneceram, nem 1 grama.

À minha prima Marta, agradeço-te por seres a minha irmã mais velha, por poder contar sempre contigo, desabafar e por tudo que partilhámos. Ao Guilherme, agradeço pelas conversas e debates, e pela boa disposição.

Agradeço à minha titi Celina por estar presente e por sempre me empurrar para a frente. Ao meu tio-avô Berto, pelas boas conversas que partilhámos, e pela memorável figura.

Deixo um agradecimento especial ao meu avô Salvador Luís, pessoa que tanto me marcou, em tanta coisa. A tua influência está aqui refletida, e em todos que estão comigo.

Agradeço aos meus amigos, por todo o companheirismo, por tudo o que vivemos, e acima de tudo por me ouvirem quando precisei. Seguimos maltinha!

Agradeço por fim, aos meus colegas e amigos da Ordem dos Engenheiros, pela constante boa disposição, discussões e disponibilidade para me ajudarem.

Obrigada a todos, e que esta seja apenas uma fase no meu percurso.

RESUMO

Os avanços tecnológicos e as mudanças das necessidades da sociedade têm vindo a criar uma crescente complexidade e especificidade dos edifícios industriais impondo desafios significativos à segurança contra incêndios, exigindo uma abordagem regulamentar e técnica, adaptativa e rigorosa.

A presente dissertação explora a interseção entre a regulamentação atual de Segurança Contra Incêndios em Edifícios em Portugal e as práticas de projeto de especialidade na indústria, identificando algumas lacunas e propondo ajustes ao enquadramento legislativo. São determinados 3 temas para análise: a classificação de risco, critérios de dimensionamento de sprinklers e a instalação de painéis fotovoltaicos em coberturas. Nos dois primeiros casos, a abordagem nacional considera-se subdimensionada para a utilização industrial, com grande foco em mercadorias armazenadas, que carecem de métodos de análise focados no seu risco. O terceiro tema não constitui quaisquer exigências ou orientações, no entanto com grande relevância no panorama atual na procura por energia renovável. Estes temas foram estabelecidos junto de profissionais da área, nomeadamente projetistas de SCIE.

Através de uma metodologia abrangente que inclui a análise comparativa de regulamentos nacionais e internacionais (EN 12845 [1], NFPA 13 [2]) bem como a perspetiva das seguradoras, (FM Global) de grande relevância em contexto industrial, este estudo visa a mapear o atual panorama da regulamentação portuguesa, em matéria de mercadorias armazenadas e instalação de painéis fotovoltaicos em coberturas, e propor uma nova abordagem legislativa mais alinhada com as necessidades contemporâneas e futuras da indústria.

Para a análise de casos de estudo, foram citados projetos de referências bibliográficas, da Associação de Produtores de Tubos e Acessórios (APTA) e do livro da CEPREVEN [3] sobre soluções comparadas de dimensionamento de sistemas automáticos de sprinklers, com o objetivo de verificar as disposições da revisão regulamentar e a sua materialização em resultados de projeto, para a classificação de risco e dimensionamento de Sistemas de Extinção Automática de Incêndios (SAEI) por água.

Os resultados sugerem caminhos para a harmonização das práticas de segurança contra incêndios, com recomendações e orientações para a atualização da legislação nos temas referidos, refletindo assim o compromisso com a proteção do patrimônio e a salvaguarda de vidas humanas.

PALAVRAS-CHAVE: SCIE, Incêndio, Referenciais Normativos, Edifícios industriais, Armazenamento industrial, Seguradoras, Classes de Risco, SAEI, Sprinklers, Painéis Fotovoltaicos

ABSTRACT

Technological advances and changing societal needs have created an increasing complexity and specificity in industrial buildings, posing significant challenges to fire safety, requiring an adaptive and rigorous regulatory and technical approach.

This dissertation explores the intersection between current regulations on Fire Safety in Buildings in Portugal and specialty design practices in the industrial buildings, identifying gaps and proposing adjustments to the legislative framework. 3 themes were determined for analysis: risk classification, sprinkler design criteria and the installation of photovoltaic panels on roofs. In the first two cases, the national approach is considered undersized for industrial use, with a strong focus on stored goods, which lack analysis methods focused on their risk. The third theme does not constitute any requirements or guidelines, however with great relevance in the current panorama in the search for renewable energy. These themes were established with professionals in the field, namely FSE designers.

Through a comprehensive methodology that includes the comparative analysis of national and international regulations (EN 12845 [1], NFPA 13 [2]) as well as the perspective of insurers, (FM Global) of great relevance in an industrial context, this study aims to map the current landscape of Portuguese regulation and propose a new legislative approach more aligned with the contemporary and future needs of the industry.

For the analysis of case studies, bibliographic reference projects were cited, from the Association of Tube and Accessories Producers (APTA) and the CEPREVEN book [3] on compared solutions for automatic sprinkler systems design, with the aim of verifying the provisions of the regulatory review and their materialization in project results, for the risk classification and sizing of Automatic Fire Extinguishing Systems (SAEI) using water.

The results suggest ways to harmonize fire safety practices, with recommendations and guidelines for updating legislation on the mentioned topics with a focus on storage, thus reflecting the commitment to protecting property and safeguarding human lives.

KEYWORDS: FSB, Fire, Normative References, Industrial Buildings, Industrial Storage, Insurers, Risk Classes, AFSS, Sprinklers, Photovoltaic Panels

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS i
RESUMO v
ABSTRACT vii
ÍNDICE DE FIGURAS xiii
ÍNDICE DE QUADROS xvii
SÍMBOLOS E ACRÓNIMOS xxi

1 INTRODUÇÃO 1
1.1. Motivação e Enquadramento 1
1.2. Objetivos 4
1.2.1. Objetivo Geral 4
1.2.2. Objetivo Específicos 4
1.3. Metodologia 5
1.4. Estrutura da Dissertação 5
2 ESTADO DA ARTE: O COMBATE A INCÊNDIOS EM EDIFÍCIOS INDUSTRIAIS 7
2.1. Introdução à Engenharia de Segurança contra Incêndios 7
2.1.1. O fenómeno fogo 7
2.1.2. O triângulo e Tetraedro do fogo 8
2.1.3. Os Princípios do Fogo 9
2.1.4. Transferência de calor 11
2.1.4.1. Introdução 11
2.1.4.2. Condução 11
2.1.4.3. Convecção 11
2.1.4.4. Radiação 12
2.1.4.5. Produtos da combustão 12
2.1.5. O incêndio em compartimento 13
2.1.5.1. Introdução 13
2.1.6. Mecanismos para extinção de incêndios 15
2.1.7. O projeto de SCIE em edifícios industriais 18
2.1.7.1. Memória Descritiva de SCIE 19
2.1.7.2. Memória Descritiva de SAEI 21
2.2. SCIE – Regulamentação Portuguesa 21
2.2.1. Enquadramento histórico e alterações recentes 22

2.2.1.1. Pré-2009 22
2.2.1.2. Pós-2009 23
2.2.2. Desafios da Atual Regulamentação 24
2.2.3. O Projetista de SCIE em Portugal 26
2.3. Regulamentos e Normas aplicáveis a edifícios industriais em Portugal 29
2.4. Normas Europeias e standards Internacionais 29
2.4.1. Introdução 29
2.4.2. Normas Europeias 30
2.4.2.1. EN 12845 31
2.4.3. Standards da NFPA 32
2.4.3.1. nfpa 13 33
2.5. A visão regulamentar e a visão das seguradoras 34
2.6. A estratégia de sci das seguradoras 35
2.6.1. O mercado Segurador 35
2.6.2. FM Global 36
2.6.3. Requisitos clássicos para edifícios industriais 37
3 ANÁLISE REGULAMENTAR 39
3.1. Introdução 39
3.2. Análise da Categorias/Análise de risco 39
3.2.1. Regulamento Nacional 39
3.2.2. EN 12845 43
3.2.2.1. Risco sem armazenamento 43
3.2.2.2. Risco de armazenamento 46
3.2.2.2.1. Classificação do produto e embalagem 46
3.2.2.2.2. Metodologia para classificação de bens armazenados 47
3.2.2.2.3. Classificação da configuração do armazenamento 50
3.2.3. NFPA 51
3.2.4. Introdução 51
3.2.4.1. Classificação do risco de ocupação 52
3.2.4.2. Classificação do risco de *commodities* 53
3.2.4.3. Configurações em armazenamento 58
3.2.5. FM Global 59
3.2.5.1. ocupações 60
3.2.5.2. Classificação de commodities 62
3.2.5.3. Embalagem externa 63
3.3. Critérios de dimensionamento de Sprinklers 64
3.3.1. Introdução 64

3.3.2. Sprinklers: Definição e componentes 65
3.3.2.1. Sensibilidade térmica 66
3.3.2.2. Temperatura de atuação 67
3.3.2.3. Coeficiente de descarga K 67
3.3.2.4. Padrão de Descarga 67
3.3.2.5. Condição de instalação 68
3.3.2.6. Área de cobertura 69
3.3.2.7. Condições especiais de uso 69
3.3.3. Sistemas de sprinklers: elementos principais, tipos de rede 70
3.3.4. Condicionantes do Edifício e Atividades 72
3.3.5. Generalidades de dimensionamento 76
3.3.5.1. Métodos de dimensionamento gerais 77
3.3.5.2. Regulamentação Portuguesa 77
3.3.5.3. NP EN 12845 78
3.3.5.4. nfpa 13 84
3.3.5.5. FM Global 86
3.4. Instalação de painéis fotovoltaicos em coberturas industriais 87
3.4.1. Allianz 87
3.4.2. FM Global 88
3.5. Comentários finais 89
3.5.1. Classificação de Risco 89
3.5.2. Critérios de dimensionamento de sprinklers 90
3.5.3. Instalação de painéis fotovoltaicos 90
4 ANÁLISE DE CASOS DE ESTUDO 91
4.1. Introdução 91
4.2. Armazém de combustíveis – Portaria n.º 135/2020 e NFPA 13 91
4.2.1. Características do edifício e projeto SAEI - água 91
4.2.2. Análise de resultados 94
4.3. Armazenamento de papel reciclado – EN 12845, NFPA 13 e FM Global 95
4.3.1. Características do edifício e material armazenado 95
4.3.1.1. Classificação de risco 96
4.3.1.2. Resumo dos critérios de dimensionamento e resultados de projeto 96
4.3.1.3. Análise de resultados 97
5 ORIENTAÇÕES PARA ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO 99
5.1. Introdução 99
5.2. Classificação de risco 99
5.2.1. Estratégia 99

5.2.2. Bens armazenados 101
5.2.3. Configuração em armazenamento 101
5.3. Critérios de dimensionamento de sprinklers 102
5.3.1. Estratégia e novos critérios 102
5.4. Critérios para instalação de painéis fotovoltaicos em coberturas 103
5.4.1. Proposta de pontos orientadores para novo artigo de condições específicas da UT XII 103
6 CONCLUSÕES 105
6.1. Reflexões e comentários finais 105
6.2. Desenvolvimentos futuros 106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Coluna de fumo do incêndio, Penafiel, Porto canal-Sapo 2023 2
Figura 2 - Incêndio em armazém de paletes, Ribatejo, Observador 2023 2
Figura 3 - Número de ocorrências por utilização-tipo (2022), ANEPC 3
Figura 4-Variação PIB vs VAB do setor industrial, Gráfico da autora com base em dados do INE 3
Figura 5 - Variação do VAB no setor industrial, Gráfico da autora com base em dados do INE 4
Figura 6 - Triângulo do Fogo, figura da autora 8
Figura 7 - Tetraedro do Fogo, figura da autora 8
Figura 8 - Curva de incêndio natural [17] 14
Figura 9 - Desenvolvimento de temperaturas pelo standard ISO 834 versus fogos naturais [53] 15
Figura 10 - Meios de 1ª intervenção: extintor pó químico e RIATC 17
Figura 11 - Meios de 2ª intervenção: rede não armada e boca de incêndio tipo teatro RIATT 17
Figura 12 - SAEI: (a) Sprinkler e (b) exemplo de aplicação de cortina de água sobre uma janela de vidro [54] 17
Figura 13 - Cobertura do armazém industrial, FOX 25
Figura 14 - Fluxograma para determinar as classes requeridas para o armazenamento, NP EN 12845 47
Figura 15 - Diagrama do Fator Material, NP EN 12845 47
Figura 16 - Configuração de armazenamento NP EN 12845 51
Figura 17 - Rótulo de classificação da NFPA 704, SafetySign.co 52
Figura 18 - Nível de risco de commodities, Bryan O'Connor 54
Figura 19 - Classificação de uma commodity, Bryan O'Conner 54
Figura 20 - Classificação de plásticos expostos, NFPA 13 57
Figura 21 - Classificação de plásticos expostos, NFPA 13 57
Figura 22 - Árvore de decisão, 20.4.8 NFPA 13 57
Figura 23 - Rack duplos, [48] [49] 58
Figura 24 - Racks múltiplos [50] 58
Figura 25 - Componentes de uma commodity, FM Global 59
Figura 26 - Fluxograma para determinação do uso adequado da Data Sheet, FM Global 60
Figura 27 - Nível de Risco de commodities, Figura da autora 62
Figura 28 - Elementos de um sprinkler, Retucci Engenharia. Designação da autora 65
Figura 29 - Código de cores por temperatura de operação, Global América 67
Figura 30 - Padrões de descarga de um sprinkler K115 a 0,5 bar e 80 l/min (esquerda) e 2,1 bar a 170 l/min (direita), para um modelo TY-FRL, adaptado de [49] 68
Figura 31 - Padrões de descarga de um sprinkler K360 a 0,5 bar e 251,0 l/min (esquerda) e 2,1 bar a 518,6 l/min (direita), para um modelo ESFR 25, adaptado de [49] 68
Figura 32 - Sprinklers classificados segundo a posição de instalação [45] 69

Figura 33 - Elementos principais de uma instalação de sprinklers, NP EN 12845 70
Figura 34 - Tipos de traçado de redes de sprinklers, [55] 71
Figura 35 - Rede de sprinklers em pente instalada numa pala exterior de um grande armazém. Fotografia da autora 71
Figura 36 - Coletor lateral de um sistema de sprinkler de armazém, fotografia da autora 71
Figura 37 - Espaçamento de sprinklers de teto, EN 12845 82
Figura 38 - Representação em planta do armazém de combustíveis, sem escala 92
Figura 39 - Representação isométrica sem escala do projeto de SAEI, APTA 92
Figura 40 - Vista em planta da zona de armazenamento com dimensões em metros, Figura da autora 95

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Limites de inflamabilidade em % por volume de ar] [12] [13] 9
Quadro 2 - Temperaturas de ignição [13] [14] 10
Quadro 3 - Toxicidade, em ppm, de vários gases de combustão e suas prováveis origens, adaptado de [16] 13
Quadro 4 - Agentes extintores e classes de fogo, adaptado de [19] 16
Quadro 5 - Notas Técnicas da ANEPC, [25] 23
Quadro 6 - Cursos de ESCI em Portugal e na Europa 27
Quadro 7 - Categorias de Risco da UT XII pela Portaria n.º 135/2020 40
Quadro 8 - Áreas máximas de compartimentação geral corta-fogo da UT XII, pela Portaria n.º 135/2020 40
Quadro 9 - Classes de risco sem armazenamento pela EN 12845 43
Quadro 10 - Ocupações de Risco Ordinário de acordo cm a EN 12845 44
Quadro 11 - Ocupações de processos de Alto Risco de acordo com a EN 12845 46
Quadro 12 - Descrição do indicador Fator Material 48
Quadro 13 - Categorização da armazenagem, EN 12845 49
Quadro 14 - Classes de risco de ocupação pela NFPA 13 53
Quadro 15 - Classes de risco de commodities de acordo com a NFPA 13 54
Quadro 16 - Grupos de risco de plásticos, NFPA 13 56
Quadro 17 - Classes de risco baseadas na ocupação predominante, FM Global 61
Quadro 18 - Armazenamento de líquidos inflamáveis de HC-1 em recipientes, de qualquer construção, FM Global 61
Quadro 19 - Classes de risco de commodities, FM Global 62
Quadro 20 - Quadro resumo de classificação de commodities consoante a embalagem, FM Global . 64
Quadro 21 - Comparação de exigências para as condições do edifício e atividade, quadro da autora 72
Quadro 22 - Critérios de projeto para HHS com proteção só no teto ou na cobertura, EN 12845, Quadro 4 74
Quadro 23 - Critérios de projeto para sprinklers de teto ou de cobertura com sprinklers intermédios em estantes, EN 12845 [41] 75
Quadro 24 - Critérios de dimensionamento de SAEI-água [24] 78
Quadro 25 - Critérios de projeto para classes LH, OH e HHP, NP EN 12845 78
Quadro 26 - Densidades de projeto para armazenamento com sprinklers no teto, NP EN 12845 79
Quadro 27 - Critérios de projeto para sprinklers de teto ou de cobertura com sprinklers intermédios em estantes, NP EN 12845 80
Quadro 28 - Área de cobertura e espaçamento máximos para sprinklers que não sprinklers, NP EN 12845 81
Quadro 29 - Tipos de sprinklers e fatores K para as várias classes de risco NP EN 12845 83

Quadro 30 - Temperaturas de resposta para sprinklers, NP EN 12845 83
Quadro 31 - Sensibilidade térmica do sprinkler, NP EN 12845 83
Quadro 32 - Racks simples ou duplas: armazenamento com altura superior a 6.7 m até 7.6 m, NFPA 13 84
Quadro 33 - Modo densidade/área para sprinklers em armazenamento interior sob pallets de madeira, NFPA 13 86
Quadro 34 - Critérios de dimensionamento RG-SCIE, APTA 93
Quadro 35 - Características adicionais calculadas ou fixadas RG-SCIE, APTA 93
Quadro 36 - Critérios de dimensionamento NFPA 13, APTA 93
Quadro 37 - Características adicionais calculadas ou fixadas NFPA 13, APTA 93
Quadro 38 - Resultados de dimensionamento do caso de estudo 4.1., APTA 94
Quadro 39 - Classificação de risco dos bens armazenados, caso de estudo 4.3. Quadro da autora .. 96
Quadro 40 - Resumo comparativo das diferentes soluções para o caso de estudo 4.3, adaptado de [44] 97
Quadro 41 - Sugestão de cabeçalho para quadro de requisitos de proteção e limitação para diferentes configurações de armazenamento com ase na NP EN 12845 102

SÍMBOLOS E ACRÓNIMOS

$\dot{q}''$ - Emissão radiante por unidade de superfície [kW/m^2]

h_i – Altura de armazenagem da zona de armazenamento i, [m]

C_i – Coeficiente adimensional de combustibilidade do constituinte combustível i

H_i – Poder calorífico inferior do constituinte combustível i [MJ/kg]

M_i – Massa do constituinte combustível i [kg]

N_a – Número de zonas de atividades distintas

N_c – Número de constituintes combustíveis presentes no compartimento corta-fogo

R_{ai} – Coeficiente adimensional de ativação do constituinte combustível i

S_i – Área afeta à zona de atividade i [m^2]

S_k – Área útil de cada compartimento corta-fogo [m^2]

q_{Sk} – Densidade de carga de incêndio modificada de cada compartimento corta-fogo k [MJ/m^2]

q_{si} – Valor estatístico da densidade de carga de incêndio relativa ao tipo de atividade i, [MJ/m^2]

q_{vi} – Valor estatístico da carga de incêndio por unidade de volume relativa à zona de armazenamento i, [MJ/m^3]

ΔT – Diferença de temperaturas [℃]

k - Condutividade térmica [$J/(m \cdot s℃)$ ou $W/m \cdot K$]

K – Constante de escamento do sprinkler [l/min.$bar^{1/2}$ ou gpm/$psi^{1/2}$]

L – Comprimento [m];

N – Número de compartimentos corta-fogo.

P – Pressão [bar ou psi].

Q – Caudal [l/min ou gpm];

S – Área útil do compartimento corta-fogo [m^2]

T – Temperatura em [℃].

ε – Emissividade da superfície [=1,0 para corpos e superfícies negras];

σ – Constante de Stefan-Boltzmann [56,7 x 10^{-12} kW/m^2K^4];

ANEPC – Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil

APSEI – Associação Portuguesa de Segurança

APTA – Associação de Produtores de Tubos e Acessórios

BCF - Bromoclorodifluorometano

CEN - Comité Europeu de Normalização

CEP – Cartoned Expanded Plastic

CUP – Cartoned Unexpanded Plastic

CIM – Carga de Incêndio Modificada

CMDA – Control Mode Density/Area

CMSA - Control Mode Specific Application

CR - Categoria de Risco

CSOPT - Subcomissão de Segurança contra Incêndio em Edifícios no âmbito da Comissão de Revisão e Instituição de Regulamentos Técnicos do Conselho Superior de Obras Públicas e Transportes

DC – Direct Current, Corrente contínua

DCIM – Densidade de Carga de Incêndio Modificada

UEP – Uncartoned Expanded Plastic

UUP - Uncartoned Unexpanded Plastic

EN – European Norm

EP – Expanded Plastic

ESCI – Engenharia de Segurança contra Incêndios

ESFR - Early Supression Fast Response

EUA – Estados Unidos da América

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

FM – Factory Mutual

HHP – High Hazard Production

HHS – High Hazard Storage

HPAs - Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos

INE - Instituto Nacional de Estatística

IPQ - Instituto Português da Qualidade

LH – Light Hazard

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

NFPA – Nacional Fire Protection Association

NP - Norma Portuguesa

NT - Nota Técnica

OH – Ordinary Hazard

PIB - Produto Interno Bruto

Ppm – Partículas por milhão

PV - Fotovoltaicos

REA – Risco Elevado, Armazenagem

REP – Risco Elevado Produção

REP1 – Risco Elevado Produção – Grupo 1

REP2 – Risco Elevado Produção – Grupo 2

REP3 – Risco Elevado Produção – Grupo 3

REP4 – Risco Elevado Produção – Grupo 4

RIA - Redes de Incêndio Armadas

RIATC - Redes de Incêndio Armadas tipo Carretel

RIATT - Redes de Incêndio Armadas tipo Teatro

RJ-SCIE – Regime Jurídico de Segurança contra Incêndios em Edifícios

RL – Risco Ligeiro

RO – Risco Ordinário

RO1 – Risco Ordinário Grupo 1

RO2 – Risco Ordinário Grupo 2

RO3 – Risco Ordinário Grupo 3

RO4 – Risco Ordinário Grupo 4

RTI - Response Time Index

RT-SCIE – Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndios em Edifícios

SAEI - Sistemas Automáticos de Extinção de Incêndios

SCI – Segurança contra Incêndios

SCIE – Segurança contra Incêndios em Edifícios

SNB - Serviço Nacional de Bombeiros

SNPC - Serviço Nacional de Proteção Civil

UT – Utilização Tipo

VAB - Valor Acrescentado Bruto

1

INTRODUÇÃO

1.1. MOTIVAÇÃO E ENQUADRAMENTO

Na vasta história da nossa existência, poucas forças possuem um poder tão transformador como o do fogo. Desde a sua descoberta tornou-se um eterno companheiro da humanidade, revolucionando a saúde, o conforto e a criação. No entanto, por detrás da beleza, está uma força implacável de destruição e caos, capaz de pôr em causa a vida, o património e o ambiente, o que o torna uma prova da nossa engenhosidade e vulnerabilidade.

A Segurança contra Incêndios em Edifícios (SCIE) surge como um campo vital na prevenção e combate contra as capacidades devastadoras do fogo descontrolado, o incêndio. Aliada à ciência e à tecnologia tem um papel fundamental na salvaguarda da vida humana, o bem mais valioso, e na mitigação do risco de incêndio nos nossos edifícios.

Desde cedo, sempre tive um grande interesse pelas catástrofes naturais e pela capacidade do ser humano em criar defesas, a transformação do caos em ordem e destruição em resiliência. A Engenharia Civil foi um caminho muito intuitivo no meu percurso, e o interesse pela SCIE surgiu, ainda na licenciatura em Física das Construções, que desde então se tornou num objetivo.

A empresa onde desenvolvi a dissertação teve um papel fundamental na definição do tema, que foi então marcado por uma relação entre motivação pessoal e a oportunidade de realizar o trabalho numa empresa de referência nacional na construção industrial. Foi-me proporcionada uma visão especializada e experiente sobre o setor e os seus maiores desafios, as preocupações por parte dos projetistas em relação à regulamentação nacional, a visão de regulamentos internacionais e o papel tão dominante das seguradoras na prática de projeto em edifícios industriais.

O cruzamento entre as exigências destas duas partes gera conflitos por vezes difíceis de ultrapassar, surgindo a necessidade de explorar os enquadramentos legislativos.

É também essencial protagonizar as preocupações que emergem na comunidade de SCIE, que inclui profissionais do setor, académicos, autoridades reguladoras e o corpo de bombeiros. Existe uma crescente discussão sobre a abordagem à indústria, dado que são edifícios de atividade mais gravosa e com características construtivas distintas, no entanto são tratados com alguma linearidade por parte da regulamentação portuguesa. Vários profissionais consideram que o regulamento estará subdimensionado neste contexto, questão até referida em recentes conferências.

Nos últimos anos, Portugal tem enfrentado desafios significativos com implicações sociais, ambientais e económicas no que diz respeito aos incêndios industriais. Todos os anos ocorrem vários incêndios em

instalações, sustentando esta problemática e a necessidade permanente de uma análise aprofundada sobre a temática para levar a cabo uma Engenharia de Segurança contra Incêndios (ESCI) eficaz.

Os acidentes mais danosos ocorrem normalmente em unidades industriais destinadas ao fabrico ou armazenamento de materiais muito combustíveis, como é exemplo o recente incêndio numa fábrica de pneus em Penafiel, Fig.1.1.



Figura 1 – Coluna de fumo do incêndio, Penafiel, Porto canal-Sapo 2023

O incêndio terá deflagrado num armazém de suporte à fábrica. Continha pneus e detritos de borracha, um dos materiais mais combustíveis. Houve uma grande dificuldade por parte dos bombeiros em lidar com o incidente dada a natureza do material, e foram necessários mais de uma centena de operacionais e várias horas de trabalho. A coluna de fogo num cenário destes, será bastante tóxica. A combustão da borracha liberta uma série de produtos químicos perigosos, entre eles os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) conhecidos por serem cancerígenos. [4]

Um outro material extremamente corrente e muito combustível são as paletes de madeira. Também em outubro deste ano ocorreu um grande incêndio num polo industrial em Vila Franca de Xira, Figura 2, onde estavam armazenados milhares de paletes de madeira, foi necessário mais de uma centena de bombeiros e 48 viaturas para combater as chamas. [5]



Figura 2-Incêndio em armazém de paletes, Ribatejo, Observador 2023

Infelizmente não é possível chegar às causas de incêndio, o que seria um dado útil para este trabalho. Também seria interessante apurar o tipo de sistemas de combate a incêndio que estariam instalados, de modo a compreender o que terá comprometido a segurança e apurar fragilidades para cada caso.

A Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC), é a entidade responsável por estabelecer políticas, regulamentos, diretrizes e planos de emergência, coordenar a proteção civil e gerir as emergências a nível nacional. É também a entidade responsável pela aprovação de projetos de SCIE, nomeadamente da Utilização-tipo (UT) XII.

Segundo o anuário da ANEPC de 2022 [6], a UT XII apresenta o segundo maior número de ocorrências, como se verifica na Figura 3.

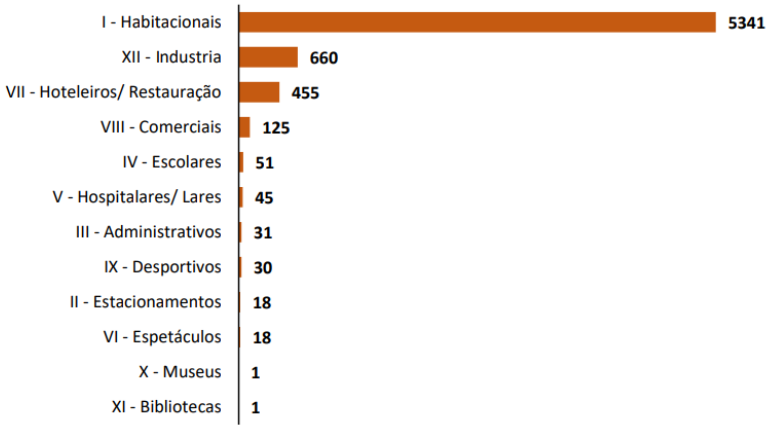


Figura 3 - Número de ocorrências por utilização-tipo (2022), ANEPC [6]

É importante notar que estes registos representam incidentes com intervenção dos bombeiros. Casos que tenham sido resolvidos, com sucesso, pelos sistemas de combate a incêndio não estarão representados nesta estatística.

No que diz respeito às vítimas civis, em 2022, verificaram-se 4 feridos graves, 54 feridos ligeiros, 41 assistidos e 1 óbito. [6]

É também importante compreender o impacto do setor industrial na economia. Desde a criação de emprego e geração de riqueza, até ao estímulo da inovação, este setor tem bastante peso no desenvolvimento do país.

Em 2022 o setor industrial representou um peso de aproximadamente 12,5% no Produto Interno Bruto (PIB) nacional, Figura *4*. Pelo gráfico da Figura *5* é possível observar o setor com mais detalhe pelo Valor Acrescentado Bruto (VAB) que apresenta uma tendência geral de crescimento. [7] [8]

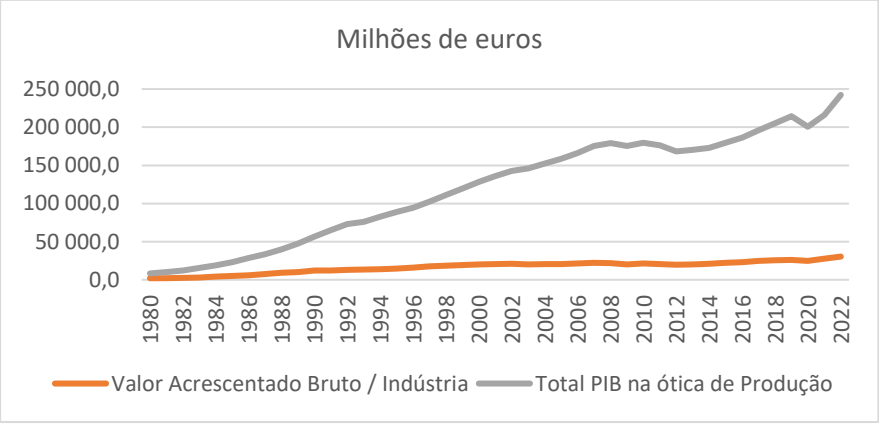


Figura 4-Variação PIB vs VAB do setor industrial, Gráfico da autora com base em dados do INE

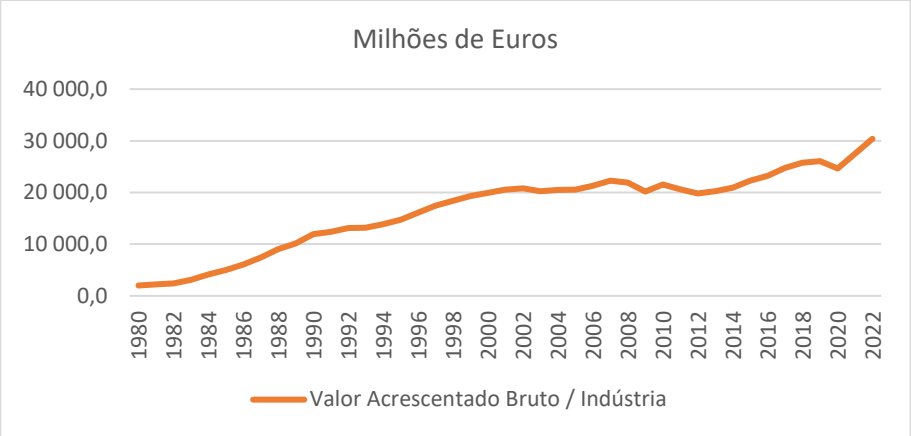


Figura 5 - Variação do VAB no setor industrial, Gráfico da autora com base em dados do INE

De acordo com últimos dados disponíveis no Instituto Nacional de Estatística (INE) referentes ao emprego em 2021, o setor industrial apresentou mais de 840 mil postos de trabalho.

Num país cuja economia está dependente, em grande parte, da prestação de serviços e do turismo, estes valores confirmam a importância do setor e o que deve ser o interesse em contribuir para potenciar ainda mais a indústria, já que os incêndios podem levar a custos substanciais de reconstrução, interrupções na produção, perdas de empregos e ativos, comprometendo a capacidade de competir num mercado global.

Como reflexão final, é importante salientar que os incêndios resultam sempre em consequências negativas para ecossistemas e pessoas. Para discutir os impactos ambientais é imperativo ter em consideração os contaminantes e materiais poluentes libertados durante um fogo, consequentemente presentes no ar, solo e água, o que pode levar a efeitos negativos prolongados no tempo.

Para além da prevenção contra estes fenómenos, os engenheiros projetistas e engenheiros de segurança contra incêndios têm de ter um papel ativo no que será o futuro da especialidade, e procurar acompanhar a evolução do conhecimento e as novas exigências da sociedade.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo geral o desenvolvimento de uma proposta de ajuste ao enquadramento legislativo, através de medidas orientadoras, para uma futura ampliação de exigências especificamente para indústria, com base em investigação, análise de regulamentos e normas nacionais e internacionais, exigências de seguradoras relevantes no setor e resultados de projeto gerados em conformidade com os vários contextos legislativos.

1.2.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos são os seguintes:

- Aprofundar o conhecimento da regulamentação de SCIE, bem como de outros documentos técnicos sobre o tema, nomeadamente regras das seguradoras internacionais;
- Compreender conceitos associados à ciência que sustenta a SCIE;
- Identificar os problemas associados ao exercício de projeto para a UT XII;

- Avaliar as importâncias relativas dos documentos técnicos e regulamentares. Comparar com a avaliação regulamentar existente. Síntese e simplificações a adotar;
- Implementação dos vários cenários a casos de estudo e avaliação dos resultados;
- Elaboração de uma proposta de medidas orientadoras para uma nova estrutura regulamentar de SCIE para edifícios industriais em Portugal.

1.3. METODOLOGIA

O método de trabalho para esta dissertação foi dividido em duas grandes fases.

A primeira corresponde a um primeiro envolvimento na temática, onde foi feito um esforço por compreender o contexto da SCIE em exercício de projeto da perspetiva empresarial. Envolveu também uma revisão bibliográfica extensa de forma a identificar os pontos chave da dissertação e priorizar os temas a serem tratados. Foi necessário dedicar algum tempo ao estudo de ciências como a dinâmica do fogo e mecânica de fluídos, de forma a tentar construir conhecimento base, dentro do tempo e recursos disponíveis, que tornasse possível compreender algumas das motivações dos legisladores.

A segunda fase foi dedicada a um segundo envolvimento, redação e desenvolvimento da dissertação, dividida nas seguintes atividades:

- Revisão geral e síntese Bibliográfica: realizou-se uma revisão abrangente sobre temas relacionados com o combate a incêndios e documentos relevantes para projeto;
- Envolvimento na comunidade de SCIE: procurou-se frequentar conferências onde foram discutidos temas relacionados com o trabalho, de forma a adquirir conhecimento sobre a perspetiva dos vários intervenientes da comunidade;
- Análise de projetos de SCIE em edifícios industriais: analisaram-se vários projetos terminados e foram feitas visitas a obras, essenciais principalmente à aquisição de experiência e desenvolvimento de espírito crítico;
- Análise regulamentar: conduziu-se uma extensa investigação e exposição sobre várias posições normativas e de seguradoras para cada tema em análise, procurando sintetizar os seus procedimentos preparando uma base de discussão;
- Discussão de posições e ideias a propor: formaram-se ideias concretas sobre a estrutura de novos enquadramentos, procurando discuti-las com vários profissionais;
- Desenvolvimento de medidas orientadoras para enquadramento legislativo.

1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está dividida em 6 capítulos:

- Capítulo 1: Introdução;

É feito um enquadramento inicial do tema, são traçados os objetivos e é definida a metodologia e estrutura do trabalho.

- Capítulo 2: Estado da Arte – O Combate a Incêndios em Edifícios Industriais;

Secção dedicada à síntese do estado atual do conhecimento em temas relevantes para o trabalho. É feita uma introdução à Engenharia de Segurança contra Incêndios com análise da história e fenómeno do fogo. Posteriormente o foco desloca-se para a regulamentação portuguesa e normas internacionais relevantes, desde a sua evolução aos tempos atuais. É feita uma comparação entre o RT-SCIE e as

estruturas normativas e padrões internacionais. De seguida, é explorada a estratégia e influência das seguradoras bem como a sua visão subsequente. Por fim, são estudados os desafios atuais na regulamentação portuguesa e estabelecidas as 3 questões a serem tratadas na dissertação.

- Capítulo 3: Análise Regulamentar;

Neste capítulo é feita uma síntese das abordagens normativas às questões estabelecidas no Estado da Arte, segundo a regulamentação portuguesa, Normas Europeias, *Normas da Nacional Fire Protection Associacion* (NFPA) dos Estados Unidos da América e também pela seguradora FM Global. No final é feita uma avaliação comparativa das várias posições.

- Capítulo 4: Análise Prática/Aplicação a caso de Estudo;

Este capítulo, é dedicado à apresentação de projetos terminados e suas soluções. É feita a aplicação do conhecimento adquirido na análise regulamentar aos casos de estudo. No final é feita uma análise comparativa dos resultados.

- Capítulo 5: Proposta de medidas orientadoras para uma nova estrutura regulamentar de SCIE para edifícios industriais;

É feita a fusão de todo o conhecimento e desenvolvidas as medidas orientadoras para um novo enquadramento legislativo para a UT XII, com foco em bens armazenados e instalação de painéis fotovoltaicos em coberturas;

- Capítulo 6: Conclusões;

São discutidos e refletidos os resultados do trabalho e o cumprimento dos objetivos iniciais. Por fim, são indicados possíveis desenvolvimentos futuros.

2

ESTADO DA ARTE: O COMBATE A INCÊNDIOS EM EDIFÍCIOS INDUSTRIAIS

2.1. INTRODUÇÃO À ENGENHARIA DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS

A Engenharia do fogo, muitas vezes assim denominada, é um campo de estudos que tem como pilares ciências como a química, a física, transferência de calor, aerodinâmica, mecânica de fluídos, etc.

Para se compreender a perigosidade dos materiais, das atividades e dos usos por nós praticados, e por fim o incêndio, é importante reter alguns conceitos base que serão apresentados neste subcapítulo.

Relembrando que o objetivo da dissertação passa por propor um novo enquadramento legislativo aplicado a edifícios industriais, torna-se imperativo fazer este levantamento de conhecimento, para que seja possível compreender as motivações dos legisladores, os atuais desafios e determinar, em última instância, as prioridades e estratégias para uma abordagem precisa.

2.1.1. O FENÓMENO FOGO

Segundo Darwin, o fogo foi a maior descoberta feita pelos humanos à exceção da linguagem. O seu manuseamento controlado trouxe benefícios inestimáveis para a humanidade, no aquecimento, proteção e saúde. Tão importante que influenciou a própria biologia já que o aprimoramento da alimentação contribuiu imensamente para o aumento do tamanho do cérebro Humano durante o Pleistoceno. [9]

Na Grécia Antiga, acreditava-se que o fogo era um dos 4 elementos básicos do universo, representando uma substância sagrada que dava vida e poder. [10] [11]

Na verdade, o fogo não é uma substância, é uma reação química, a mesma que ocorre numa maçã cortada exposta ao ar. Trata-se de um processo de oxidação. A diferença entre o fogo e o exemplo anterior é a velocidade da reação química. O processo de oxidação do fogo é tão rápido que liberta luz, calor e som. Quando se torna descontrolado, passando a incêndio, é capaz de libertar energia suficiente para aumentar a temperatura, às vezes, em milhares de graus. [11]

Segundo a norma norte-americana NFPA 921 [12], o fogo é um rápido processo de oxidação, uma reação química que resulta no desenvolvimento de luz e calor em várias intensidades.

A Norma Portuguesa NP 3874-1 [13], define o fogo como uma combustão caracterizada por uma emissão de calor acompanhada de fumo ou de chama ou de ambos. Esta só ocorre após uma reação exotérmica entre um combustível e o comburente, abordados no próximo subcapítulo.

2.1.2. O TRIÂNGULO E TETRAEDRO DO FOGO

O triângulo do fogo, Figura 6, trata-se de uma simbologia bastante antiga que estabelece os 3 elementos necessários, em simultâneo, para iniciar e sustentar o fogo:

- Combustível: substância suscetível de arder como a madeira, papel e gasolina;
- Comburente: elemento ou composto químico suscetível de provocar a oxidação ou combustão de outras substâncias, sustenta a combustão. A atmosfera contém 21% de oxigénio na sua composição, pelo que este é o comburente mais comum;
- Energia de ativação: fonte de energia externa que dá início à combustão, neste caso, o calor. A quantidade de calor necessária estará dependente do *flash point* ou temperatura de inflamação do material, que representa a temperatura mínima a partir do qual um material liberta uma quantidade suficiente de gás que, com o oxigénio, formam uma mistura inflamável, mas que não é suficiente para manter uma combustão contínua. A este fenómeno de libertação de gases, dá-se o nome de pirólise.



Figura 6 - Triângulo do Fogo, figura da autora

O triângulo do fogo, apesar de simples, é um conceito científico que permite compreender o fenómeno do fogo e potenciar a ação em caso de emergência, sendo que, se um dos elementos for removido, o fogo extingue-se. Nos anos mais recentes e fruto de investigação, foi adicionado um 4º elemento, a reação em cadeia, transformando o triângulo no tetraedro do fogo, Figura 7. Essa reação em cadeia resume-se à sequência de reações que ocorrem durante o fogo que produzem a sua própria energia de ativação, calor. [14]



Figura 7 - Tetraedro do Fogo, figura da autora

A compreensão da ciência que sustenta todos os fenómenos relacionados com o fogo e com a SCIE é um exercício extremamente complexo, pelo que, de seguida, é feita uma síntese de alguns conceitos e reflexões importantes para atingir os objetivos deste trabalho, enquadrar os mais recentes avanços na legislação mundial da SCI e as suas prioridades em relação à perigosidade de materiais e usos.

2.1.3. Os Princípios do Fogo

A fase de transição, é a mudança de estado da matéria tipicamente impulsionada por mudanças de temperatura ou pressão. A vaporização e o derretimento são as mais típicas num cenário de incêndio.

A vaporização é a transição de um líquido para vapor. Não existe alteração química do material, trata-se de uma alteração física simples, como por exemplo água a ferver ou congelação, a composição química mantém-se intacta e é submetida a um rearranjo das partículas, o processo é sempre reversível.

Já a pirólise trata-se de uma decomposição térmica, que é uma decomposição química irreversível. Quando um material é exposto a uma fonte de calor, a sua estrutura química começa a decompor-se, deixando para trás um material diferente. Este fenómeno inicia-se na superfície e progride internamente com o tempo. [14]

Apenas a matéria em forma de gás ou vapor pode entrar em combustão. Nos combustíveis sólidos e líquidos, numa primeira fase e fruto do calor, inicia-se este fenómeno e são libertados vapores combustíveis, iniciando-se posteriormente a pirólise contínua.

Para que haja combustão no caso de elementos líquidos ou sólidos, é necessário que seja libertada uma quantidade suficiente de gases para que, juntamente com o oxigénio se forme uma mistura combustível, futuramente ativada por uma fonte de calor. Essa quantidade traduz-se em limites de inflamabilidade, expostos no Quadro 1 para alguns elementos relevantes na indústria. Estes valores são medidos em % por volume de ar, considerando a concentração de 21 % de oxigénio naturalmente presente na atmosfera.

Quadro 1 - Limites de inflamabilidade em % por volume de ar [15] [16]

Combustível	Limite inferior de inflamabilidade	Limite superior de inflamabilidade
Acetileno	2,5	80
Metano	5	15
Hidrogénio	4	75
Etano	3	12,4
Propano	2,1	9,5
Vapor de gasolina	1	7
Amoníaco	16	27
Monóxido de carbono	12,5	74,2

A massa molecular é uma propriedade muito importante, pois quanto maior a massa do material, maior será a energia necessária para o decompor em matéria leve o suficiente para que evapore da superfície

e entre numa chama. Geralmente, os materiais com massas moleculares mais baixas têm maior tendência a se tornarem inflamáveis e contribuírem mais rapidamente para um incêndio.

Dentro deste grupo de maior perigosidade estão os produtos que tenham na sua composição hidrocarbonetos, tais como o metano, etano, propano, butano, alcenos e alcinos (hidrocarbonetos com ligações duplas e triplas). Alguns exemplos de materiais que dão origem à libertação destes gases são o papel, a madeira e os plásticos.

Os polímeros, desde borrachas a qualquer tipo de plásticos, são também um dos materiais com mais enfoque em regulamentos e normas de segurança, considerados altamente perigosos. Durante a pirólise e combustão para além de outros gases tóxicos e molecularmente leves, decompõem-se nos seus monómeros, que naturalmente apresentam massas moleculares inferiores, contribuindo facilmente para o desenvolvimento rápido do incêndio. É importante notar que se trata de uma exposição simples, as próprias ligações entre monómeros são conceitos complexos e conforme o seu arranjo podem apresentar características físicas e químicas importantes para o desenvolvimento do incêndio que requerem conhecimento aprofundado de outras disciplinas.

Resumindo, compreender e estudar esta característica física é um dado importante para determinar riscos de incêndios, selecionar os mecanismos e métodos de extinção corretos, estabelecer regras de segurança, projetar sistemas de proteção eficazes e também criar modelos e simulações de fogo.

A ignição é o processo que inicia a combustão autossustentada. Considerando um combustível gasoso ou os gases fruto da pirólise, a ignição é atingida através de uma fonte de ignição, como uma chama, faísca etc. No entanto, se a temperatura do sólido ou do líquido aumentar o suficiente, pode não ser necessária uma fonte de ignição para iniciar a combustão, entrando o combustível em autoignição, onde a combustão se torna espontânea. [16]

No Quadro 2 estão representadas as temperaturas de autoignição de vários materiais.

Quadro 2 - Temperaturas de ignição [16] [17]

Combustível	Temperatura de ignição (ºC)
Acetileno	305
Alumínio (pó/aparas)	400
Madeira	300
Butano	405
Hidrogénio	500
Propano	455
Amoníaco	651
Monóxido de carbono	609

Geralmente os materiais que inflamam mais facilmente são os que propagam chama mais rapidamente. A inflamabilidade de um material é ditada pela sua inércia térmica e pela temperatura necessária para dar início à pirólise.

Os plásticos e espumas plásticas, por exemplo, são materiais com baixa inércia térmica pelo que aquecem rapidamente quando sujeitos a fonte de calor, e causam grandes incêndios pela sua capacidade de espalhamento tão forte. Por outro lado, materiais mais densos como blocos de madeira, tendem a ser mais difíceis de inflamar por terem uma inércia térmica mais elevada.

As taxas de combustão de incêndios são governadas pela transferência de calor radiante entre as chamas e os gases da pirólise. Uma grande parte da radiação nas chamas vem de partículas de fuligem luminosas do fogo, logo, materiais que tendem a produzir grandes quantidades de fuligem e fumos, como o poliestireno, tendem a dar origem a incêndios muito intensos. [16]

Nesta fase torna-se pertinente conhecer os mecanismos de transferência de calor, já que este processo governa todos os aspetos do fogo, desde a ignição à extinção.

2.1.4. TRANSFERÊNCIA DE CALOR

2.1.4.1. INTRODUÇÃO

A transmissão de calor é classicamente dividida em 3 regimes: condução, convecção e radiação.

É provável que os 3 tenham contribuições em todos os incêndios, no entanto há sempre um que predomina ou numa determinada fase do fogo ou na sua localização. [18]

2.1.4.2. CONDUÇÃO

A condução está associada a matéria sólida, o calor transmite-se da superfície aquecida para o interior do corpo. Apesar de também ocorrer em líquidos, normalmente é mascarada por movimentos convectivos. [18]

A taxa de transferência de energia, conhecida como Lei de Fourier, depende da diferença de temperaturas e da condutância, influenciada pela condutividade térmica do corpo, da secção e da extensão do caminho a percorrer. Simplificadamente, trata-se da quantidade de calor transferido por unidade de tempo. O fluxo de calor é a quantidade de calor transferido por unidade de tempo e por área de secção normal ou unidade de superfície: [18] [16]

$$\dot{q}'' = \frac{k}{L} * \Delta T \quad (1)$$

Onde:

$\dot{q}''$ - Fluxo de calor. O ponto em cima do "q" especifica por unidade de tempo e os 2 traços por unidade de superfície de secção transversal em W/m^2;

k - Condutividade térmica em $J/(m \cdot s℃)$ ou $W/m \cdot K$;

L – Comprimento em metros;

ΔT – Diferença de temperaturas em ℃.

2.1.4.3. CONVECÇÃO

A convecção envolve transferência de calor de ou para um sólido, através do movimento de partículas aquecidas e arrefecidas no ar, normalmente designado por fluído intermédio. Na presença de um fogo, as partículas circundantes expandem com o aumento de temperatura, tornando-se mais leves do que as

partículas de ar mais frio. Para preencher o vazio deixado pelas partículas ascendentes, o ar mais frio é puxado para essas posições, entrando num ciclo de convecção. À medida que este ciclo se desenvolve, as partículas carregam o calor da combustão e propagam-no até objetos distantes, onde posteriormente o calor continuará a propagar-se por condução.

2.1.4.4. RADIAÇÃO

A radiação é uma forma de energia que se movimenta no espaço sem precisar de um meio ou fluído intermédio, através de ondas eletromagnéticas, tal como a luz. Quando estas ondas encontram a superfície de um corpo, podem ser absorvidas, refletidas e/ou transmitidas. A radiação térmica emitida pelo fogo está no espectro dos infravermelhos.

A chama de uma vela é um bom exemplo para se distinguir a convecção e a radiação térmica emitida por um fogo. O ar necessário à combustão dos vapores combustíveis é puxado da atmosfera circundante para a chama por arrastamento (fenómeno fruto de diferença de temperaturas e pressões). Os gases quentes ascendem verticalmente em forma de pluma que carrega cerca de 70%-80% do calor libertado na combustão. O resto do calor é perdido por radiação térmica. A sensação de ar quente à volta da chama é devida a essa radiação. A temperatura da própria chama será naturalmente superior.

As partículas de fuligem ou carbonosas, libertadas principalmente na combustão de materiais orgânicos como o papel e a madeira, têm um papel muito importante na transferência de calor por radiação. Estas partículas, de pequenas dimensões e grandes superfícies específicas, têm a capacidade de absorver radiação térmica, aumentando facilmente a temperatura. Uma outra característica física conveniente é a sua alta emissividade, o que significa que emitem a radiação (térmica e visível) de forma eficiente. Depois de aquecerem, emitem radiação em forma de luz e em ondas térmicas, contribuindo para a radiação total do fogo, explicado pela Lei de Stefan-Boltzmann:

$$\dot{q}'' = \varepsilon \sigma T^4 \quad (2)$$

Onde:

- $\dot{q}''$ - Emissão radiante por unidade de superfície em kW/m^2;
- ε – Emissividade da superfície (=1,0 para corpos e superfícies negras);
- σ – Constante de Stefan-Boltzmann ($56{,}7 \times 10^{-12}$ kW/m^2K^4);
- T – Temperatura em ℃.

2.1.4.5. PRODUTOS DA COMBUSTÃO

Durante a combustão, para além da libertação de energia, resultam também produtos como gases, fumos e resíduos sólidos.

O fumo está associado à combustão incompleta de materiais, e tem a cor branca ou cinza-claro quando há bom acesso do comburente à mistura. Já a cor negra ou cinza-escura deve-se a fogos de grandes temperaturas e com falta de comburente, como é o caso dos plásticos. Quando os fumos são coloridos, por exemplo de coloração violeta, roxa ou amarela significa que há presença de gases fortemente tóxicos.

Os gases libertados na combustão representam um grande perigo para as pessoas, que por vezes morrem ou saem gravemente feridas de um incêndio por inalação de gases tóxicos. Quanto mais complexo for um material, mais perigosos serão os gases libertados. No

Quadro *3* estão representados alguns dos gases mais comuns, informações sobre a sua toxicidade e origem. Esses valores são apresentados em parte por milhão ppm.

Quadro 3 - Toxicidade, em ppm, de vários gases de combustão e suas prováveis origens, adaptado de *[19]*

Substância	Admissível durante várias horas	Perigoso em meia hora	Mortal	Origem
Dióxido de carbono $\mathbf{CO_2}$	1000 a 1500	3500 a 4000	60000 a 70000	Todos os materiais orgânicos
Monóxido de carbono $\mathbf{CO}$	100	1500 a 2000	10000	Todos os materiais orgânicos
Vapores nitrosos $\mathbf{NO/NO_2}$	10 a 40	100 a 150	200 a 700	Celuloide e brinquedos
Ácido cianídrico $\mathbf{HCN}$	15	100	180 a 270	Lã, seda e alguns plásticos: fibras acrílicas, carpetes, poliuretanos
Ácido clorídrico $\mathbf{HCl}$	10	1000 a 2000	1300 a 2000	Materiais sintéticos como o PVC
Ácido sulfídrico $\mathbf{H_2S}$	20	300	1000	Materiais orgânicos com enxofre
Amoníaco $\mathbf{NH_3}$	100	500	2500 a 5000	Em sistemas de refrigeração nylon
Cloro $\mathbf{Cl_2}$	0,35 a 1,0	40 a 60	1000	Materiais à base de cloro (pouco significativo)
Fosgénio $\mathbf{COCl_2}$	1,0	25	50	Materiais à base de cloro (pouco significativo) e PVC

2.1.5. O INCÊNDIO EM COMPARTIMENTO

2.1.5.1. INTRODUÇÃO

O termo fogo ou incêndio em compartimento é usado para descrever um incêndio confinado ou situado num espaço dentro de um edifício.

O desenvolvimento de um incêndio é um fenómeno bastante aleatório, no entanto pode definir-se em 5 fases de desenvolvimento, Figura 8 [20]:

- (a) Ignição ou inicial: fase em que inicia a combustão, por origem térmica, mecânica, química ou elétrica. As temperaturas são baixas, mas são produzidos muitos fumos perigosos para o ser humano;
- (b) Propagação: As chamas alastram, por radiação ou condução, aos materiais combustíveis mais próximos onde são produzidas novas chamas e a combustão é intensificada, iniciando o fenómeno de reação em cadeia. No final desta fase dá-se o *flashover*. Pode haver extinção do incêndio se for esgotado o combustível ou se os meios de combate a incêndio forem eficazes, bombeiros ou Sprinklers;
- *Flashover*: Conceito muito importante para a ESCI, trata-se do momento em que as chamas dominam todo o compartimento e se adensam os gases, as temperaturas ao nível do teto atingem valores da ordem dos 450 ºC - 600ºC. Ocorre também a explosão de fumos ou inflamação subida de gases. Não existem quaisquer condições para a vida humana ou evacuação a partir desta fase. As curvas de incêndio regulamentares começam sempre a partir do *flashover*.
- (c) Desenvolvimento ou combustão contínua: Com a explosão dos gases da fase anterior, a estrutura sofre danos físicos profundos e são criadas entradas de ar, o que impede o comburente de se extinguir continuando a combustão com temperaturas praticamente constantes;
- (d) Extinção, arrefecimento ou declínio: Nesta fase final o combustível vai-se esgotando e a reação em cadeia começa a falhar por falta de energia proveniente da combustão.

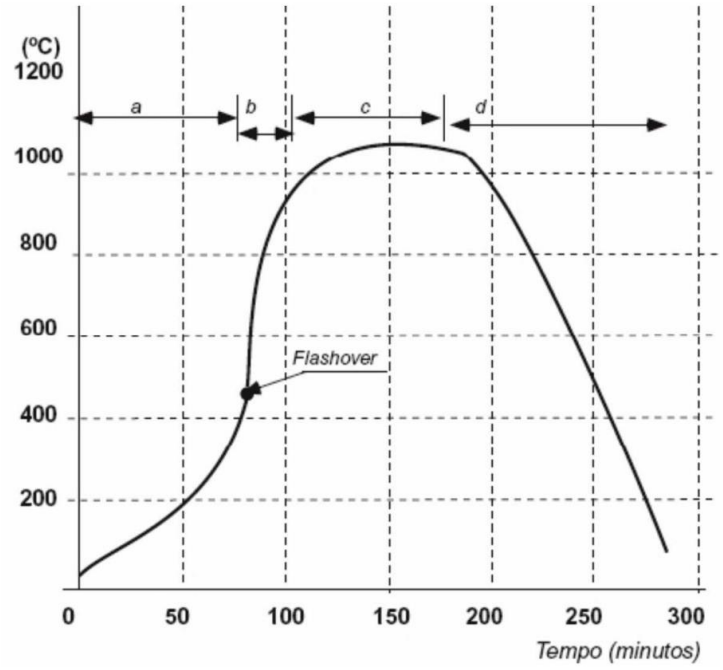


Figura 8 - Curva de incêndio natural [20]

De notar que os incêndios podem não seguir este tipo de curvas, podem ser mais ou menos intensos em diferentes fases no tempo, extinguir-se no final da propagação por falta de oxigénio, ou até nunca entrarem nessa fase por falta de combustível, serem vencidos pelas forças de proteção e socorro ou pelos sistemas de combate a incêndio instalados no edifício.

As curvas de incêndio são recursos valiosos no estudo e modelação e permitem prever e calcular as temperaturas no compartimento. Existem 2 tipos de abordagens, a nominal e a paramétrica.

Curvas de incêndio paramétricas têm por base modelos de incêndio com especificações para parâmetros físicos que definem as condições do incêndio, caso a caso. As curvas nominais, como o nome indica, não representam situações reais e são utilizadas em regulamentos de natureza prescritiva. É exemplo a famosa curva ISO 834, representada na Figura 9.

Essas curvas padronizadas são utilizadas para descrever um cenário padrão, úteis para ensaios experimentais de resistência ao fogo de estruturas e para o próprio exercício de projeto. As curvas naturais têm em conta condições específicas de ventilação, geometria do compartimento, combustível, emissividade, logo são particularmente úteis para análise de risco, formulação de estratégias de evacuação e seleção de sistemas de supressão de incêndios, etc.

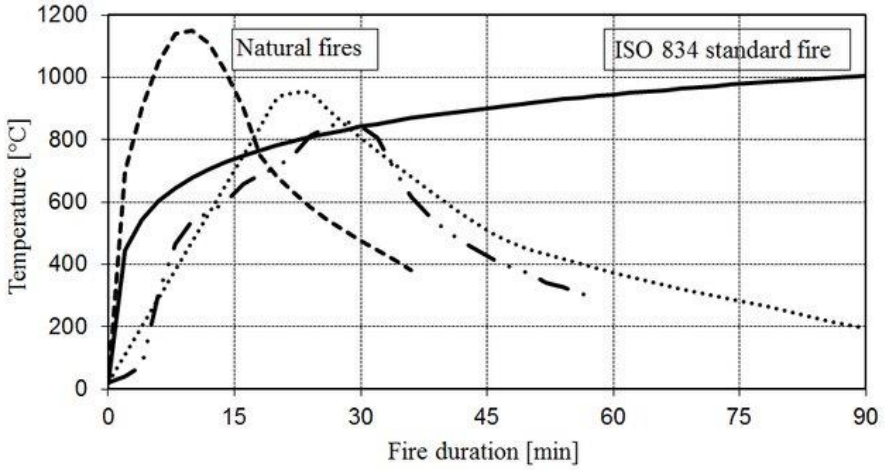


Figura 9 - Desenvolvimento de temperaturas pelo standard ISO 834 versus fogos naturais [63]

2.1.6. MECANISMOS PARA EXTINÇÃO DE INCÊNDIOS

Consoante a natureza do material combustível existem 4 tipos de fogos: [21]

- Classe A: Fogos resultantes da combustão de materiais sólidos;
- Classe B: Fogos resultantes da combustão de líquidos ou sólidos liquidificáveis;
- Classe C: Fogos resultantes da combustão de gases;
- Classe D: Fogos resultantes da combustão de matais;
- Classe F: Fogos associados a produtos para cozinhar.

Tendo por base a análise do tetraedro do fogo, será espectável extinguir um incêndio com recurso a quatro mecanismos: [19] [22]

- **Arrefecimento**: Redução da temperatura aumentando a taxa de calor perdida pelo material em combustão. Pode ser realizado com água ou outros agentes extintores;
- **Limitação do comburente**: O oxigénio é limitado por asfixia ou abafamento, sem comburente a combustão entra em falência até à extinção total;
- **Limitação do combustível**: São removidos materiais combustíveis da vizinhança do incêndio. Raramente utilizado pois na maior parte das vezes não é possível remover os materiais com segurança;

- **Inibição**: Interrupção da reação química em cadeia alterando as características moleculares do fogo, por exemplo, com aplicação de pó seco, bromoclorodifluorometano (BCF) e outros extintores (utilização de halon é proibida em todo o mundo) que funcionam através da libertação de átomos que interrompem a reação em cadeia e criam uma barreira de gás inerte.

Nesta fase interessa compreender, de uma forma sintetizada quais são os agentes extintores disponíveis no mercado e a sua relação com as classes de fogo e mecanismos de extinção do fogo. Essa informação está organizada no Quadro 4.

Quadro 4 - Agentes extintores e classes de fogo, adaptado de [22]

Agente extintor	Classe de fogos	Mecanismo de extinção
Água em jato	A	Arrefecimento
Água pulverizada	A, B	Arrefecimento
Espumas	A, B	Abafamento
CO2	A*, B, C	Abafamento
Pó Químico ABC	A, B, C	Inibição
Pó Químico BC	B, C	Inibição
Pó Químico D	D	Abafamento
Hidrocarbonetos	A, B, F	Abafamento
Manta ignífuga	F	Abafamento
Agente químico húmido	F	Abafamento

* Para pequenas superfícies

Passando agora à extinção de incêndios em edifícios, é importante notar que estes devem estar equipados com sistemas ou meios próprios de intervenção em caso de incêndio, chamados de meios de extinção. Podem ser classificados quanto à forma e quanto ao tipo de operação: [22]

- Quanto à forma:
  - Equipamentos extintores;
  - Instalações fixas de combate a incêndios;
  - Veículos de combate a incêndios.
- Quanto ao tipo de operação:
  - Manual: Meios de 1ª e 2ª intervenção;
  - Automática: Sistemas de extinção por água ou por outros agentes extintores.

Os meios de 1ª intervenção referem-se a recursos imediatamente disponíveis e possíveis de serem manuseados por uma qualquer pessoa no local, de forma a enfrentar o incêndio nos seus estágios iniciais, como é o caso de extintores portáteis e redes de incêndio armadas (RIA), como por exemplo redes

húmidas dotadas de bocas de incêndio tipo carretel (RIATC). A eficácia destes meios reside na capacidade de resposta rápida e treino das pessoas do local, Figura 10.



Figura 10 - Meios de 1ª intervenção: extintor pó químico e RIATC

Os meios de 2ª intervenção são recursos mais especializados e complexos e vocacionados para resposta profissional, ou seja, por intervenção dos bombeiros e forças de socorro, como é o caso das redes não armadas (colunas secas e húmidas que não possuem mangueira) e redes armadas em bocas de incêndio tipo teatro RIATT, Figura 11.



Figura 11 - Meios de 2ª intervenção: rede não armada e boca de incêndio tipo teatro RIATT

Por fim, os sistemas automáticos de extinção de incêndios (SAEI) são um dos mecanismos mais importantes para o combate a incêndios em edifícios industriais. Os Sprinklers, que fazem parte desses sistemas, são dispositivos cruciais que, usualmente, a descargas de água pulverizada para combater o incêndio por arrefecimento, Figura 12a).

Além dos Sprinklers, as cortinas de água também são frequentemente integradas nestes sistemas, atuam como barreiras térmicas e ajudam a conter a propagação do fogo. A cortina é obtida por pulverização de água através de um sistema de difusores abertos de atuação automática, em resposta a detetores de incêndio, e manuais, dispostos em linha com o objetivo de irrigar um elemento de construção e estabelecer assim um ecrã de proteção contra a energia radiada de um incêndio, Figura 12b).

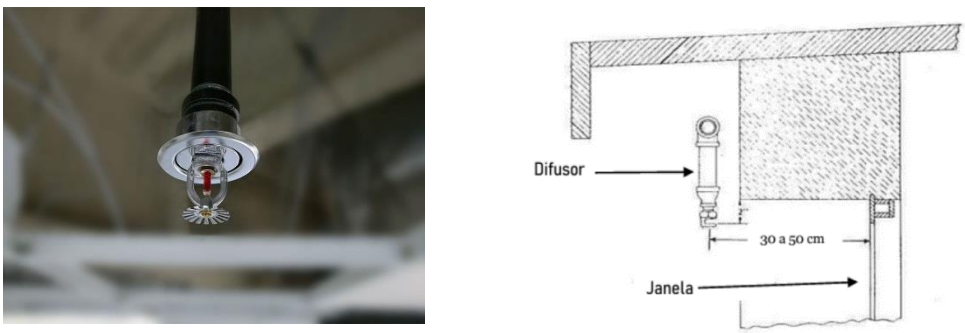


Figura 12 - SAEI: (a) Sprinkler e (b) exemplo de aplicação de cortina de água sobre uma janela de vidro [64]

2.1.7. O PROJETO DE SCIE EM EDIFÍCIOS INDUSTRIAIS

O projeto de SCIE tem início após o programa preliminar definido pelo dono de obra, programa base, estudo prévio e anteprojeto de arquitetura, sendo que é desejável que comece antes do anteprojeto. A arquitetura é o projeto ordenador e, portanto, um dos projetos principais pois determina os requisitos para as outras especialidades, como é o caso da estabilidade, eletrotecnia, mecânica, SCIE, etc. Os projetistas de SCIE têm de estar presentes durante a coordenação entre projetos para que tudo esteja em conformidade e garantir que as medidas de segurança se integram de forma harmoniosa em todas as fases e projetos.

No caso dos edifícios industriais, para além das exigências regulamentares nacionais, será necessário ter em conta as exigências da seguradora em causa, isto é, com quem habitualmente o dono de obra tem relações de estabelecimentos de seguros. Este é um conceito de grande importância e peso em contexto industrial e para a discussão da dissertação. Será abordado com mais detalhe nos subcapítulos 2.4 e 2.5, e posteriormente no capítulo 4, pelo que nesta fase se pretende compreender apenas a sequência de projeto clássica sem os detalhes acompanhantes das seguradoras.

Do ponto de vista do RJ-SCIE [23], a preparação e elaboração de um projeto completo de SCIE para edifícios industriais pode ser resumida em cerca de 9 partes ou fases (incluindo a implementação das medidas de autoproteção):

- **Análise, classificação de risco e Avaliação de materiais:** dependendo das dimensões do edifício e do seu uso esta pode ser uma fase complexa, envolve a determinação e atribuição de classes aos materiais que determinam a resposta ao fogo e contribuição para o seu desenvolvimento**;**
- **Medidas de prevenção:** os materiais são estrategicamente integrados no projeto consoante a sua classificação, de forma a limitar a propagação do incêndio. Detetores de fumo e alarmes são projetados consoante as exigências regulamentares e a avaliação de risco;
- **Resistência ao fogo dos elementos estruturais:** as classes de resistência destes elementos são determinadas consoante a resistência ao fogo exigida para a classe de risco do edifício;
- **Plano de evacuação**: a conceção das saídas de emergência e vias de evacuação são influenciadas pela classificação de risco. As suas características são projetadas de acordo com exigências do regulamento, que envolvem parâmetros geométricos, localização, distâncias a percorrer, etc;
- **Sistemas de combate a incêndio**: nesta fase dá-se o dimensionamento de redes de Sprinklers consoante a classificação de risco e necessidades específicas, extintores, bocas de incêndio, sistemas de bombagem, etc;
- **Plano de emergência interno:** inclui estratégias de evacuação adaptadas, pontos de encontro seguros e medidas de proteção;
- **Formação específica e simulações:** são estabelecidos os requisitos de formação e simulação por parte dos ocupantes e equipas de intervenção, incluindo simulações regulares para garantir que todos estejam familiarizados com os procedimentos de segurança;
- **Submissão para aprovação**: toda a informação é compilada, projeto e memórias descritivas, submetidas para aprovação à ANEPC;
- **Implementação e manutenção:** é preparado um plano de manutenção contínua de forma a garantir a operacionalidade dos sistemas de segurança ao longo do tempo.

Uma prática bastante comum adotada por algumas empresas e projetistas passa pela separação entre projeto de SCIE e projeto de SAEI, os Sprinklers. Num edifício industrial esta poderá ser uma posição bastante intuitiva, já que o dimensionamento da rede de Sprinklers terá alguma complexidade, ou é executada por um projetista de hidráulica de um departamento diferente, pelo que nos próximos subcapítulos será feita uma breve exposição sobre os elementos típicos de cada memória descritiva para que se compreenda, agora de um ponto de vista mais prático, as etapas de projeto.

2.1.7.1. MEMÓRIA DESCRITIVA DE SCIE

A memória descritiva e justificativa do projeto SCIE, apresenta uma organização muito semelhante à do Regulamento, pelo que é intuitiva e acompanha os seus capítulos. Para projetos de edifícios industriais da 3.ª e 4.ª CR, é tipicamente encontrada no mercado com a seguinte estrutura:

1. Generalidades
    a. Enquadramento legal
    b. Localização
2. Caracterização e descrição
    a. Descrição funcional
    b. Utilização-Tipo
    c. Cálculo do efetivo
    d. Fatores de classificação da categoria de risco aplicáveis
    e. Número de pisos abaixo do plano de referência,
    f. Densidade de Carga de Incêndio Modificada (DCIM)
    g. Categoria de Risco
3. Condições exteriores
    a. Vias de acesso
    b. Acessibilidade às fachadas
    c. Limitações à propagação do incêndio pelo Exterior
    d. Disponibilidade de água para os Meios de Socorro
4. Resistência ao fogo dos elementos de construção
    a. Resistência ao fogo dos elementos estruturais
    b. Resistência ao fogo dos elementos incorporados em instalações elétricas
    c. Compartimentação geral corta-fogo
    d. Isolamento e proteção dos locais de risco
    e. Isolamento e proteção dos meios de circulação
    f. Isolamento e proteção de canalizações e condutas
5. Reação ao fogo dos materiais de revestimento
    a. Revestimentos em vias de evacuação
    b. Revestimento em locais de risco

6. Evacuação
    a. Evacuação dos locais de risco
    b. Dimensionamento dos caminhos de evacuação e saídas
    c. Distribuição e localização das saídas
    d. Caracterização das portas
7. Instalações técnicas
    a. Instalações de energia elétrica
    b. Quadros elétricos
    c. Sistemas de gestão técnica centralizada
    d. Instalações de climatização e de Águas Quentes Sanitárias (AQS)
    e. Instalações de confeção e de conservação de alimentos
    f. Evacuação dos efluentes de combustão
    g. Ventilação e condicionamento de ar
    h. Ascensores
8. Equipamentos e sistemas de segurança
    a. Sinalização
    b. Iluminação de emergência
    c. Sistema automático de deteção, alarme e alerta (configuração de alarme, centrais de comando, detetores automáticos de incêndio, botões de acionamento manual de alarme, difusores de alarme, etc)
    d. Sistemas de controlo de fumos (espaços protegidos pelo sistema, dimensionamento)
9. Sistemas de deteção de gás
10. Meios de 1.ª intervenção (considerações gerais e dimensionamento)
11. Sistemas fixos de extinção automática (requisitos gerais a adotar, impostos geralmente pela seguradora)
12. Reservatório de água e sistema de bombagem
13. Posto de Segurança
14. Medidas de autoproteção
15. Peças desenhadas

Os elementos e conceitos relevantes ao tema da dissertação estão descritos e analisados com mais detalhe no Capítulo 3. Nesta fase pretende-se apenas expor os elementos que são exigidos atualmente em projeto.

2.1.7.2. MEMÓRIA DESCRITIVA DE SAEI

Caso o projeto destes sistemas seja minimamente complexo, é então separado num outro documento com a seguinte estrutura:

1. Introdução e localização
2. Legislação e documentos aplicáveis
3. Descrição geral do edifício
4. Descrição geral dos sistemas de combate a incêndio
5. Rede de hidrantes exteriores
6. Rede de incêndio armada
7. Sistemas de Sprinklers (parâmetros adotados e/ou exigidos, para cada tipo de espaço, dimensionamento)
8. Materiais (tubagens enterradas e aéreas, postos de controlo, válvulas de seccionamento, teste e drenagem, reservatórios, central de bombagem e sistemas de monitorização da rede de incêndios)
9. Considerações gerais de cálculo (descrição de programas de cálculo, etc)

2.2. SCIE – REGULAMENTAÇÃO PORTUGUESA

A regulamentação portuguesa de SCIE é um conjunto abrangente de normas e disposições legais com o objetivo de salvaguardar vidas, a propriedade com valor patrimonial e o ambiente construído em caso de incêndio. Este sistema normativo visa garantir que edifícios em Portugal sejam projetados, construídos e operados de maneira a minimizar o risco de incêndios e a facilitar uma resposta eficaz em caso de emergência. [24]

O regime jurídico da Segurança Contra Incêndios em Edifícios (RJ-SCIE) é regido principalmente pelo Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de novembro, atualmente alterado pela Lei n.º123/2019 de 18 de outubro, que define as regras e os procedimentos específicos para cumprir os seguintes objetivos: [25]

- Reduzir a probabilidade de ocorrência de incêndios;
- Limitar o desenvolvimento de eventuais incêndios, circunscrevendo e minimizando os seus efeitos, nomeadamente a propagação do fumo e gases de combustão;
- Facilitar a evacuação e o salvamento dos ocupantes em risco;
- Permitir a intervenção eficaz e segura dos meios de socorro.

O RJ-SCIE estabelece a força legal e os princípios fundamentais, definindo responsabilidades, procedimentos e critérios. Com poder legislativo, é a base para a implementação de medidas essenciais para a prevenção e resposta a incêndios, abordando aspetos cruciais como medidas de autoproteção, projeto de SCIE, equipamentos de SCIE, formação, e planos de emergência e evacuação.

Uma parte fundamental deste regime é o Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndios em Edifícios (RT-SCIE) [23], estabelece de forma prescritiva, especificações técnicas detalhadas que servem como guia prático para a aplicação efetiva das diretrizes do RJ-SCIE. É composto por várias

partes, cobrindo desde as exigências gerais até as especificidades técnicas para diferentes tipos de edifícios e ocupações.

É constituído essencialmente por 309 artigos, em que os primeiros 207 se referem a todo o tipo de edifícios de forma harmonizada, e os restantes 102 constituem as condições específicas para cada um dos 12 tipos de utilizações. A UT-XII atualmente possui apenas 10 artigos específicos.

A ANEPC tem um papel fundamental ao ser a entidade responsável por regulamentar e fiscalizar todas as questões relacionadas à SCIE, e aprovar os projetos. É a entidade competente para assegurar o regime de segurança e credenciar a realização de vistorias e inspeções das condições de segurança nos termos previstos na lei. Disponibiliza formulários, informações relevantes para os profissionais e ainda um conjunto de Notas Técnicas (NTs) sendo que se tratam de documentos técnicos onde são fornecidas orientações, esclarecimentos e instruções detalhadas sobre temas do RT-SCIE. Estas notas são emitidas para complementar e esclarecer questões regulamentares, tendo força de lei aquelas que sejam despachos.

As normas aplicáveis em Portugal podem ainda incluir normas europeias harmonizadas que especificam requisitos técnicos ou métodos de ensaio, as NP EN (Norma Portuguesa Europeia), referidas no RT-SCIE ou nas NTs.

2.2.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO E ALTERAÇÕES RECENTES

2.2.1.1. PRÉ-2009

A primeira referência regulamentar à SCIE surgiu pela primeira vez no Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU) no DL nº. 38382 de 7 de agosto de 1951, onde constava no Artigo 159.º:

"Nas edificações com dez ou mais pisos ou de grande desenvolvimento horizontal e, bem assim, em edificações de natureza especial, seja qual for o número de pisos, outras disposições de segurança contra incêndios poderão ser exigidas pelas câmaras municipais, mediante prévia consulta dos peritos competentes." [26]

Em 1974 o Batalhão de Sapadores-Bombeiros de Lisboa publicou um conjunto de regras de SCI, ao abrigo deste mesmo Artigo. [27]

A partir dos anos 80 começaram a surgir associações e entidades ligadas à segurança, o Serviço Nacional de Proteção Civil (SNPC), a atual ANEPC, Serviço Nacional de Bombeiros (SNB) e a Subcomissão de Segurança contra Incêndio em Edifícios no âmbito da Comissão de Revisão e Instituição de Regulamentos Técnicos do Conselho Superior de Obras Públicas e Transportes (CSOPT).

A estratégia passava pela criação de regulamentos para cada uso de edifícios a serem debatidos e validados pelo CSOPT, como por exemplo:

- Edifícios de Habitação – elaborado pelo LNEC;
- Edifícios Escolares – Elaborado pela Direção Geral dos Equipamentos Educativos;
- Edifícios Hospitalares – Elaborado pela Direção Geral das Instalações e Equipamentos de Saúde.

Como resultado, foi gerado um enorme volume de regulamentos, sem metodologia coerente de publicação, regidos por diversos Decretos – Lei ou Decretos – Regulamentares, o que deu origem a uma legislação pouco clara, dispersa e com procedimentos não uniformes. Era comum haver repetição de

disposições nem sempre com critérios coerentes e falta de cobertura a todo o tipo de edifícios ou edifícios multiuso. Também não existia qualquer tipo de gestão da segurança durante o ciclo de vida dos edifícios.

A ausência de sistemas de certificação de competências para exercício de funções e a própria falta de preparação dos projetistas, dirigentes e técnicos responsáveis acabou por agravar ainda mais o cenário da especialidade, surgindo a necessidade de um regulamento geral de SCI que colmatasse as dificuldades criadas pela dispersão das exigências.

2.2.1.2. Pós-2009

A 1 de janeiro de 2009 entraram em vigor o RJ-SCIE (DL 220/2008) [24] e o RT-SCIE (Portaria 1532/2008) [28], resultantes da cisão do Regime Geral de SCIE. Ao longo dos anos surgiram várias gralhas que foram sendo retificadas. Sendo as últimas alterações: [27]

- RJ-SCIE: Lei 123/2019, de 18 de outubro [23];
- RT-SCIE: Portaria 135/2020, de 2 de junho [29].

Existe então uma prática de 14 anos de aplicação desta legislação, considerando que não se fizeram alterações estruturais ao regulamento desde 2008, apenas correção de gralhas e situações pontuais.

Algumas das Notas Técnicas da ANEPC têm vindo a ganhar força de lei ao passarem a Despachos. Atualmente estão a ser elaboradas novas NT's, como se pode observar no Quadro 5, passando assim de 22 a 29.

Quadro 5 - Notas Técnicas da ANEPC, [30]

N.º	Designação	Última atualização/Conclusão
01	Utilizações-tipo de edifícios e recintos	05/2021
02	Competências e responsabilidades de SCIE	10/2020
03	Projetos de SCIE	08/2020
04	Simbologia gráfica para plantas de SCIE	
05	Locais de risco	05/2021
06	Categorias de risco	08/2022
07	Hidrantes exteriores	09/2020
08	Grau de prontidão dos meios de socorro	DRE em vigor desde 18/09/2020
09	Sistemas de proteção passiva - Selagem de vãos	Em atualização
10	Sistemas de proteção passiva - Portas resistentes ao fogo	08/2020
11	Sinalização de segurança	08/2020
12	Sistemas automáticos de deteção de incêndios	08/2023
13	Redes secas e húmidas	DRE em vigor desde 18/09/2020
14	Fontes de abastecimento de água para o serviço de incêndio	DRE em vigor desde 18/09/2020
15	Centrais de bombagem para o serviço de incêndio	DRE em vigor desde 18/09/2020
16	Sistemas automáticos de extinção de incêndio por água	DRE em vigor desde 21/09/2020
17	Sistemas automáticos de extinção de incêndio por agentes gasosos	DRE em vigor desde 21/09/2020
	Declaração de retificação n.º 850/2020	DRE em vigor desde 03/12/2020
18	Sistemas de cortina de água	08/2020
19	Sistemas automáticos de deteção de gás	08/2020

N.º	Designação	Última atualização/Conclusão
20	Posto de segurança	08/2020
21	Medidas de Autoproteção	
22	Plantas de emergência	08/2020
23	Iluminação de emergência	26/04/2021
24	Glossário de SCIE	
25	Incêndios em baterias	Previsão: 2024
26	Recintos itinerantes e provisórios	
27	Condições exteriores	
28	Produtos de construção	
29	Para-raios	13/10/2022
30	Guia de Avaliação do risco - Método simplificado	

2.2.2. DESAFIOS DA ATUAL REGULAMENTAÇÃO

Atualmente existe uma grande necessidade de reflexão e adaptação do regulamento aos avanços tecnológicos emergentes, novas exigências da sociedade e à evolução do conhecimento tão forte nas últimas décadas. Para além da resiliência dos edifícios e das pessoas, é agora também imperativo demonstrar um compromisso com a sustentabilidade.

O desafio em cima da mesa não é nada modesto, tal como a grande discussão que lhe sucede, principalmente sobre o futuro do regulamento e que tipo de estrutura e princípios deverá apresentar.

Existem várias posições, muito marcadas por duas palavras: prescritivo e/ou exigencial. Por um lado, defende-se a abolição completa da atual legislação, dando lugar a uma nova estrutura de natureza exigencial, no entanto também se defende que o regime prescritivo deve permanecer, embora readaptado, não obstante a que haja um novo regime exigencial ao dispor dos projetistas. [31]

O objetivo de incluir uma componente de desempenho será proporcionar uma maior liberdade de criação de soluções e promover a inovação no setor.

É importante notar que esta é uma questão complexa, pois remete à investigação e à educação de SCI em Portugal. A regulamentação, sempre que necessário, deve apontar para os níveis de conhecimento mínimo dos vários intervenientes na cadeia de valor da SCIE. [27]

A prioridade deverá ser sempre a salvaguarda de vidas humanas e a redução do risco e propagação do incêndio nos edifícios, pelo que se torna interessante analisar as práticas internacionais, principalmente as mais prestigiadas na comunidade de SCIE a nível mundial.

Os edifícios industriais, UT XII, têm surgido na discussão. Trata-se de edifícios com uso potencialmente muito perigoso, de grandes escalas, fabrico ou retenção de materiais muito perigosos etc. É também importante notar que os edifícios industriais são dotados de características arquitetónicas e construtivas muito diferentes dos edifícios correntes, ie, pés direitos bastante elevados e espaços muito amplos. Quando analisado no regulamento, é uma tipologia integrada na estratégia uniformizada e possui apenas 10 artigos nas condições específicas. É tratada com alguma simplicidade, como se poderá observar no Capítulo 4.

Uma parte dos intervenientes desta discussão, defendem ainda que a UT XII deveria separar-se das restantes, dando origem a um regulamento unicamente dedicado a este uso, e onde fosse feita uma abordagem mais completa e cuidada, à semelhança de outros regulamentos e normas internacionais.

Dentro desta temática, foram então determinados 4 temas que constituem a base da problemática da dissertação:

- **Classificação do risco: etapa determinante de todo o projeto:** Atualmente com método de determinação uniformizado com as restantes utilizações. Diferente de regulamentos internacionais. É frequentemente questionado se deverá haver uma factorização de risco individualizada para a UT XII;
- **Dimensionamento de Sprinklers**: diretamente ligado à classificação de risco. É o sistema de combate a incêndios mais importante nos edifícios industriais. Os seus princípios gerais são extremamente simples e uniformizados no regulamento português;
- **Painéis fotovoltaicos em coberturas**: não existem posições regulamentares por se tratarem de equipamentos recentes. No entanto trata-se de uma instalação atualmente muito comum. Em caso de incêndio provoca estragos graves e apresenta um comportamento muito perigoso. É usual os painéis "derreterem" para dentro dos edifícios como se pode observar na Figura 13, que corresponde a um incêndio, nos EUA, de um armazém de carnes e queijo artesanal. O espaço de armazenamento correspondia a cerca de 65 000 m^2 e na cobertura estavam instalados mais de 7 000 módulos fotovoltaicos. O próprio combate a incêndio, principalmente por parte das forças de emergência e socorro, neste caso é de maior perigosidade por se tratar de equipamentos elétricos.



Figura 13 - Cobertura do armazém industrial, FOX

A crescente procura por energia e a consequente adoção de tecnologias fotovoltaicas (PV) como soluções sustentáveis são atualmente um tema crucial. No entanto, apesar dos benefícios ambientais e económicos dos sistemas PV, o estudo aponta para preocupações significativas relacionadas à segurança contra incêndios, especialmente em instalações residenciais em coberturas. Apesar do tema ser em edifícios residenciais, os mesmos princípios devem ser aplicados aos edifícios industriais.

É imperativo considerar o envelhecimento dos componentes do sistema PV e como isso afeta as propriedades de ignição e propagação do fogo. Além da eficiência e confiabilidade, a segurança contra incêndios deve ser uma prioridade no dimensionamento dos sistemas PV, com base em investigações detalhadas sobre os riscos de incêndio associados aos componentes envelhecidos. [32]

Um artigo recente, de janeiro de 2021 produzido pela Zurick [33] destaca que falhas elétricas são a causa mais comum de incêndios associados a instalações de PV montadas em telhados, podendo, em alguns

casos, levar à destruição total do edifício e de seu conteúdo. A variação na qualidade da instalação é uma grande preocupação, visto que, embora os produtos PV devam atender aos padrões de garantia de qualidade do Reino Unido, atualmente não existem regulamentos que abranjam especificamente a instalação desses sistemas.

Uma das questões mais críticas é a geração de energia elétrica em corrente contínua por painéis PV, que requerem conhecimento e experiência específicos por parte dos instaladores, além da manutenção e inspeção periódica dos sistemas, que muitas vezes são esquecidos. Além disso, os painéis e equipamentos elétricos associados permanecem "ativos" enquanto expostos à luz natural o que representa riscos de segurança significativos, tanto para pessoas próximas quanto para bombeiros em caso de incêndio, pois o sistema não pode ser facilmente desligado.

Para mitigar esses riscos, o artigo sugere várias estratégias, incluindo: garantir que os proprietários e ocupantes dos edifícios tenham um entendimento básico da tecnologia PV e como ela funciona; instalar sistemas PV apenas em telhados não combustíveis; assegurar que o sistema seja projetado e instalado por contratantes competentes; manter o sistema de PV devidamente como parte dos procedimentos de inspeção e teste elétrico do edifício; e ter um plano de resposta a emergências em caso de incêndio.

2.2.3. O PROJETISTA DE SCIE EM PORTUGAL

De um ponto de vista mais prático, a execução dos projetos varia consoante a estratégia de cada empresa e a sua estrutura interna. No caso de empresas com atividade em projetos de grandes escalas, principalmente industriais, é comum que exista um departamento de SCIE responsável pelo projeto da especialidade incluindo o dimensionamento de Sprinklers. Noutras empresas com atividade mais diversificada em usos de edifícios, ou edifícios industriais de menores dimensões, pode ou não existir um departamento de SCIE, no entanto é provável existir, no mínimo, um grupo de engenheiros projetistas de SCIE que desenvolvem o projeto, alocando o dimensionamento de Sprinklers a um departamento de hidráulica. No caso da desenfumagem é comum atribuir o dimensionamento a engenheiros mecânicos apesar de ser uma especialidade da SCIE. O mesmo acontece com o dimensionamento de estruturas ao fogo, que é uma etapa de projeto atribuída a engenheiros de estruturas mesmo sendo da especialidade de SCIE.

Resumindo, em contexto nacional, os elementos correspondentes à SCIE não são totalmente executados e trabalhados por projetistas daquela especialidade.

Este fenómeno está ligado ao mercado nacional e ao que será o ensino e formação da especialidade de SCIE em Portugal.

Em geral na Europa, é comum existirem cursos superiores, como mestrados e pós-graduações em Engenharia de Segurança contra Incêndios, onde normalmente é exigido ao candidato possuir uma licenciatura ou mestrado numa Engenharia clássica. Atualmente em Portugal, existe apenas um curso dessa natureza, denominado por “Mestrado em Engenharia de Segurança aos Incêndios Urbanos”, pela Universidade de Coimbra.

No Quadro 6 procurou-se expor informação, não muito extensiva, sobre a oferta formativa nacional e internacional, com o objetivo de analisar os seus conteúdos e profundidade. Como se trata de formação pós primeiro mestrado ou licenciatura, na maioria dos casos é possível realizar a formação em formato pós-laboral. [34] [35] [36] [37]

Quadro 6 - Cursos de ESCI em Portugal e na Europa

País	Instituição de ensino superior	Nome do curso	Disciplinas Obrigatórias	Número de semestres
Portugal	Universidade de Coimbra	Mestrado em Engenharia de Segurança aos Incêndios Urbanos	Análise de Risco de Incêndio; Dinâmica do Fogo; Evacuação de edifícios e Organização da gestão da segurança; Fundamentos de Segurança ao Incêndio em Edifícios; Sistemas, Instalações e Equipamentos de Segurança ao Incêndio; Engenharia de Segurança ao Incêndio; Projeto e regulamentação de Segurança ao Incêndio; Segurança ao fogo de Estruturas; Segurança ao Incêndio em Instalações Industriais; Seminário de Investigação	3
Reino Unido, Escócia	The University of Edinburgh	Mestrado em Ciência de Engenharia de fogo	Ciência do fogo e Dinâmica do Fogo; Engenharia de segurança ao fogo; Dimensionamento estrutural ao fogo; Princípios de laboratório de incêndios; Métodos de investigação para Engenheiros; Transferência de calor, massa e momento; Projeto; Ciência do fogo; Laboratório de Ciência do fogo; Modelação de segurança; Transferência de calor, massa e momento 2; Dissertação	3
Irlanda do Norte	Ulster University	Mestrado ou Pós-graduação em Engenharia de Segurança contra incêndios	Projeto de Engenharia de Segurança ao fogo 1; Projeto de Engenharia de Segurança ao fogo 2; Transferência de calor e Dinâmica de fluídos; Dinâmica do fogo; Engenharia estrutural em incêndios; Pessoas e fogo; Laboratório de segurança ao fogo; Sistemas de proteção ativos; Investigação e Dissertação 1; Investigação e Dissertação 2	3
Bélgica	Ghent University	Pós-graduação em Engenharia de Segurança contra incêndios	Proteção contra incêndios industriais e explosões; Dinâmica do fogo; Segurança contra incêndios e legislação; Gestão de risco; Combate a incêndios baseado em ESCI; Termodinâmica e Transferência de calor e massa; Análise estrutural;	2 ou +

País	Instituição de ensino superior	Nome do curso	Disciplinas Obrigatórias	Número de semestres
			Comportamento dos materiais em ambientes de alta temperatura; Dissertação	

Como é possível observar, internacionalmente a formação tem bastante foco nas ciências que sustentam esta especialidade e também em métodos de investigação úteis aos Engenheiros, de forma a potenciar uma base forte de crescimento. Aborda ainda a vertente de projeto, análise estrutural, comportamento de materiais e modelação, pelo que os profissionais ficam preparados para enfrentar exigências prescritivas e exigências e desenvolvem capacidades para ingressar no mundo da investigação, gestão do risco etc.

Voltando ao panorama nacional, a SCIE é referida em disciplinas de variados cursos de ensino superior. Em muito poucos casos, existem cursos com unidades curriculares totalmente dedicados à SCIE como é o caso do Mestrado em Engenharia Civil, especialidade de construções na FEUP e o Mestrado de Projeto Integrado em Construções de Edifícios e Mestrado de Engenharia e Segurança e Higiene Ocupacionais também na FEUP.

A formação nesta área está essencialmente centrada em diversas instituições ou entidades de ensino profissional, onde é lecionado o "Curso de Projetistas de SCIE da 2.ª, 3.ª e 4.ª Categorias de Risco", validado e controlado pela ANEPC. Este é um curso de 120 horas, obrigatório a todos que tenham intenções de praticar ESCI em Portugal, e consequentemente assumir responsabilidade dos projetos. Exige formação em engenharia ou arquitetura, ou outra formação técnica considerada relevante. O conteúdo centra-se normalmente nas exigências prescritivas do regulamento, visando o seu cumprimento, ou seja, tem como foco o exercício de projeto. [38]

Estas entidades de formação profissional, juntamente com Organizações profissionais e associações de SCI oferecem regularmente cursos de curta duração sobre determinados temas, no entanto sempre com grande foco no projeto e nas exigências prescritivas.

Apesar da SCIE ser uma especialidade classicamente associada à Engenharia Civil ou, em alguns casos, à Engenharia Mecânica e Eletrotécnica, em Portugal pode ser praticada por um engenheiro de outra especialidade, técnicos e arquitetos.

Conclui-se que o quadro profissional é muito variado, pelo que é natural que temas como dimensionamento de Sprinklers, desenfumagem, modelação, simulação e análise estrutural não sejam atribuídos ou desenvolvidos por todos os profissionais com título de projetista de SCIE. Por outro lado, também não existe uma componente científica forte, o que poderá afetar a escala de atividade de um projetista e a sua posterior facilidade de adaptação a desafios atípicos ou mudanças regulamentares.

2.3. REGULAMENTOS E NORMAS APLICÁVEIS A EDIFÍCIOS INDUSTRIAIS EM PORTUGAL

Como já se viu, o conjunto legislativo não é único, é um conjunto de documentos, normas e disposições. Consoante referência na legislação ou exigência da seguradora pode ser necessário trabalhar com documentos internacionais, que no caso de projeto de edifícios industriais é essencial por ser uma atividade de grande risco de incêndio e risco económico.

De seguida apresenta-se uma lista exemplificativa que reflete as exigências do quadro legal nacional e imposições clássicas de uso de documentos, por parte das seguradoras, aplicáveis a um projeto de SCIE com dimensionamento de Sprinklers:

- Normas Portuguesas NP;
- Notas técnicas da ANEPC;
- Regras Técnicas do apêndice às tarifas do Ramo de Incêndios do Instituto de Seguros de Portugal;
- RJ-SCIE – Decreto-Lei n.º 220/2008 de 12 de novembro com a atual redação dada pela Lei n.º 123/2019 de 18 de outubro;
- RT-SCIE – Portaria n.º 1532/2008 de 29 de dezembro, com as alterações introduzidas pela Portaria nº. 135/2020 de 2 de junho;
- EN 671-1: 2012 – *Fixed firefighting systems – Hose systems – Part 1: Hose reels with semi-rigid hose;*
- EN 671-2: 2012 – *Fixed firefighting systems – Hose systems – Part 1: Hose reels with lay-flat hose;*
- NFPA 13 – *Standard for the Installation of Sprinkler Systems*, 2019;
- NFPA 20 – *Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection*, 2019;
- NFPA 22 – *Standard for Water Tanks for Private Fire Protection*, 2018.

2.4. NORMAS EUROPEIAS E STANDARDS INTERNACIONAIS

2.4.1. INTRODUÇÃO

Neste subcapítulo será feita uma apresentação sumária dos documentos mais prestigiados a nível mundial e pertinentes para este trabalho, seja por já serem utilizados por exigência de seguradoras ou em uso por países vizinhos.

Servirão para base de estudo comparativo, de natureza normativa, os seguintes documentos:

- Normas Europeias;
- Standards da NFPA;
- Regulamentação francesa apenas para desenfumagem;

Como é defendido por vários especialistas de SCIE, um enquadramento legislativo é fruto do contexto de cada país, pelo que é incorreto fazer-se uma adoção integral de regulamentos estrangeiros.

Numa análise comparativa, torna-se necessário avaliar a praticidade ou aplicabilidade de ideias, conceitos e estruturas normativas.

No caso dos edifícios industriais, já é corrente basear partes do projeto ou em exigências autónomas das seguradoras, que serão discutidas neste trabalho, ou em exigências dos documentos escolhidos para a análise. Salvo raras exceções, as exigências do regulamento português estão quase que automaticamente cumpridas pela sua simplicidade nos temas em discussão.

2.4.2. NORMAS EUROPEIAS

Inicialmente as normas europeias eram centradas na padronização de produtos e métodos de teste para facilitar o comércio internacional. Com o tempo evoluíram consideravelmente para abranger uma variedade de setores, incluindo a ESCI.

A redação das normas europeias é uma tarefa confiada a organizações de padronização, das quais o Comité Europeu de Normalização (CEN) é exemplo. Estes grupos são compostos por especialistas, técnicos e representantes de diferentes países membros.

A estrutura das normas europeias é caracterizada por uma abordagem abrangente, incorporando elementos prescritivos e exigenciais. Algumas normas estabelecem requisitos específicos que devem ser cumpridos, enquanto outras adotam uma abordagem mais flexível, permitindo que diferentes métodos sejam empregados, desde que alcancem os objetivos desejados e sejam devidamente justificados.

A base para o desenvolvimento das normas europeias reside em princípios fundamentais, incluindo a proteção da vida humana, a preservação do ambiente, a promoção da inovação, evolução do mercado europeu e a sua posição na economia global.

O processo de elaboração de normas envolve uma fase substancial de consulta e consenso, onde as opiniões de diversos *stakeholders*, incluindo representantes da indústria, academia e autoridades reguladoras, são levadas em consideração. Essa abordagem inclusiva visa garantir que as normas sejam equilibradas, representativas e praticáveis em diferentes contextos nacionais.

A sua implementação é voluntária e varia entre os países membros, reconhecendo a diversidade de práticas, cultura jurídica e requisitos específicos de cada nação. [39] [40]

O Instituto Português da Qualidade (IPQ) é a entidade responsável pela normalização e qualidade em Portugal. Representa o país no CEN e nos outros comités de normalização. Como membro destes grupos contribui para o desenvolvimento das normas europeias. [41]

Em contexto da SCIE, a lista de normas e standards é muito extensa e cobre todo o tipo de temas, como por exemplo:

- EN 12845 – Sistemas Automáticos de Sprinklers: requisitos para projeto, dimensionamento, instalação e manutenção de Sprinklers em edifícios;
- EN 15004 – Sistemas Fixos de Extinção de Incêndios: Sistemas de Extinção de Dióxido de Carbono: requisitos de projeto, instalação e manutenção;
- EN 12101 – Componentes para Sistemas de Controlo de Fumo e Calor: dimensionamento de desenfumagem natural e mecânica, requisitos de desempenho etc;
- EN 54 – Sistemas de Deteção e Alarme de Incêndio: dispositivos de deteção, centrais de controlo, dispositivos de alarme, etc;
- EN 50521 – Sistemas Fotovoltaicos – Requisitos para componentes de Construção: requisitos para integração segura em edifícios, incluindo coberturas.

2.4.2.1. EN 12845

A norma EN 12845 [1], que servirá de base às partes correspondentes no Capítulo 3, é estruturada de forma a orientar o utilizador através de todas as etapas necessárias para o dimensionamento, instalação e manutenção de sistemas automáticos de extinção por sprinklers. A norma está dividida em várias seções principais, que detalham desde os objetivos e termos de aplicação até os critérios de design hidráulico e tipos de abastecimento de água. Aqui está uma visão geral de como a norma está organizada e onde encontrar informações específicas para cada etapa do dimensionamento:

- **Objetivo e Campo de Aplicação (Secção 1):** Define o escopo da norma e as instalações onde se aplica;
- **Referências Normativas (Secção 2):** Lista as normas referenciadas na EN 12845, que são essenciais para o entendimento e aplicação da norma;
- **Termos e Definições (Secção 3):** Fornece definições de termos técnicos utilizados ao longo da norma, fundamentais para a interpretação correta das exigências e orientações;
- **Planeamento e Documentação Contratual (Secção 4**): Descreve as etapas iniciais do planeamento, desde considerações preliminares até à fase de projeto;
- **Âmbito de Aplicação da Proteção por Sprinklers (Secção 5):** Detalha os tipos de edifícios e áreas que devem ser protegidos, bem como considerações especiais, como a resistência ao fogo das compartimentações;
- **Classificação do Tipo de Ocupação e dos Riscos de Incêndio (Secção 6):** Explica como categorizar os diferentes tipos de ocupações e riscos associados, o que influenciará o dimensionamento do sistema de sprinklers, etc.;
- **Critérios de Projeto Hidráulico (Secção 7**): Fornece diretrizes para o cálculo do abastecimento hidráulico dos sistemas de sprinklers, incluindo pressão e caudal necessários;
- **Abastecimentos de Água (Secção 8**): Aborda as diferentes fontes de abastecimento de água e os requisitos relacionados a cada uma delas;
- **Bombas (Secção 10):** Discute o uso de bombas no sistema de sprinklers, incluindo as características de desempenho e os requisitos para diferentes tipos de bombas;
- **Tipologia e Dimensão da Instalação (Secção 11):** Descreve os diferentes tipos de sistemas de sprinklers e suas aplicações, como instalações húmidas, secas, de pré-ação, etc;
- **Espaçamento e Localização dos Sprinklers (Secção 12):** Oferece orientações sobre como posicionar corretamente os sprinklers dentro do espaço protegido;
- **Dimensionamento e Traçado das Tubagens (Secção 13):** Fornece métodos para o cálculo de perdas de pressão e dimensionamento de tubagens, tanto para sistemas pré-calculados quanto para sistemas completamente calculados;
- **Características de Projeto e Utilizações de Sprinklers (Secção 14):** Apresenta detalhes sobre os diferentes tipos de sprinklers, suas aplicações e características de projeto;
- **Anexo A** é normativo e trata da classificação de riscos tipificados. A classificação de riscos é um passo fundamental no processo, pois determina os parâmetros de projeto, como densidade de descarga, área de operação e seleção do fator K do sprinkler;

- **Anexo B** apresenta a metodologia para a classificação de bens armazenados, que é essencial para o dimensionamento dos sistemas, pois a natureza e a configuração dos materiais armazenados afetam diretamente os requisitos do sistema de sprinklers;
- **Anexo C** oferece uma listagem alfabética de produtos armazenados e categorias, fornecendo uma referência para a determinação do risco de incêndio associado com diferentes tipos de mercadorias armazenadas;
- **Anexo D** detalha como realizar a subdivisão de instalações de sprinklers em zonas, o que é importante para a integridade do sistema e a facilidade de manutenção;
- **Anexo E** estabelece requisitos especiais para sistemas de edifícios de grande altura, com instruções específicas para edificações onde a diferença de alturas entre o sprinkler mais alto e o mais baixo é superior a 45 metros;
- **Anexo F** aborda medidas adicionais para aumentar a fiabilidade e a disponibilidade do sistema, como a subdivisão em zonas e a seleção de tipos de sprinklers e sensibilidade;
- **Anexo G** aborda a proteção de riscos especiais, com orientações para configurações de armazenamento específicas e riscos especiais, como líquidos inflamáveis e armazenamento de aerossóis;
- **Anexo H** aborda a monitorização dos sistemas de sprinklers, enquanto Anexo I fala sobre a transmissão de alarmes, estabelecendo os níveis e funções do sistema para garantir sua operacionalidade;
- **Anexo P** é particularmente crítico, pois detalha os requisitos para a Proteção por sprinkler ESFR (Early Suppression, Fast Response), que são sprinklers de teto com capacidade de supressão de incêndio em riscos de armazenagem.

2.4.3. STANDARDS DA NFPA

A National Fire Protection Association (NFPA) é uma organização sem fins lucrativos, fundada em 1896 nos EUA, com o objetivo de promover a segurança pública por meio do desenvolvimento e atualização contínua de normas e códigos relacionados com a prevenção de incêndios e outros riscos. A NFPA surgiu em resposta à necessidade de estabelecer padrões e práticas consistentes com o objetivo de proteger vidas e propriedades contra incêndios, acidentes e emergências.

Opera sob a premissa fundamental de reunir especialistas, profissionais da indústria, representantes governamentais e também as seguradoras, para colaborar na elaboração e revisão de normas. Sendo assim, reúne interesses variados com representação de todas as partes possivelmente envolvidas na SCIE.

A Organização promove plataformas digitais, como a NFPA LINK, onde Engenheiros de todo o mundo partilham experiências, discutem normas, soluções e a atualidade. Oferecem ainda uma vasta gama de cursos e formações dedicados à compreensão e uso das suas normas, conferências e seminários

As normas são conhecidas pela sua complexidade e detalhe. São extremamente dinâmicas e em constante adaptação à evolução da tecnologia e do conhecimento. Abordam uma ampla gama de situações e cenários, representando uma das atuais fontes de conhecimento mais procuradas e utilizadas pela comunidade de SCIE, reconhecidas globalmente e adotadas em muitos países. [42]

Quanto à natureza das normas, podem incluir elementos tanto prescritivos quanto exigenciais. Essa abordagem híbrida visa fornecer flexibilidade para a conformidade, incentivando a inovação e a adaptação às condições específicas de cada situação.

Listam-se algumas das normais mais conhecidas e aplicadas a edifícios industriais:

- NFPA 13: Instalação de Sistemas de Sprinklers: projeto, dimensionamento e manutenção;

- NFPA 30: Código de Líquidos Inflamáveis e Combustíveis: requisitos de armazenamento;
- NFPA 92: Código de Desenfumagem: dimensionamento e instalação;
- NFPA 70: Código Elétrico Nacional: inclui requisitos de instalação de painéis fotovoltaicos em coberturas;
- NFPA 400: Código de materiais perigosos: detalha e fornece requisitos para armazenamento, manuseio e processamento, podendo auxiliar na classificação de risco.

2.4.3.1. NFPA 13

A NFPA 13 [2] é a norma padrão para a instalação de sistemas de sprinklers automáticos, reconhecida internacionalmente. Trata-se de um documento com 619 páginas que oferece uma abordagem compreensiva e detalhada para garantir a eficácia dos sistemas de proteção contra incêndio numa grande variedade de ambientes e cenários. Apresenta a seguinte estrutura:

- **Capítulo 1 — Administração:** Estabelece o escopo da norma, aplicabilidade e as regras gerais para a sua implementação;
- **Capítulo 2 — Publicações Referenciadas:** Lista todas as normas e documentos que são referidos dentro da NFPA 13:
- **Capítulo 3 — Definições:** Define os termos técnicos utilizados ao longo da norma;
- **Capítulo 4** — **Requisitos Gerais:** Apresenta os requisitos básicos para a instalação de sistemas de sprinklers, incluindo a classificação de risco;
- **Capítulo 5 — Abastecimento de Água:** Discute os requisitos para fontes de abastecimento de água, incluindo critérios de volume e pressão;
- **Capítulo 6 — Instalação de Tubulação Subterrânea:** Fornece diretrizes para a instalação de tubulações subterrâneas que alimentam o sistema de sprinklers;
- **Capítulo 7 — Requisitos para Componentes do Sistema e *Hardware*:** Especifica os requisitos para todos os componentes do sistema, desde sprinklers até alarmes;
- **Capítulo 8 — Tipos de Sistema e Requisitos:** Descreve os diferentes tipos de sistemas de sprinklers (como sistemas secos e húmidos) e seus requisitos específicos;
- **Capítulo 9** — **Requisitos de Localização dos Sprinklers:** Detalha onde e como os sprinklers devem ser instalados para uma cobertura eficaz;
- **Capítulo 10 — Requisitos de Instalação para Sprinklers Padrão:** Fornece instruções para a instalação de sprinklers;
- **Capítulo 11** — **Requisitos de Instalação para Sprinklers de Cobertura Estendida:** Cobre a instalação de sprinklers que oferecem uma área de cobertura maior que os padrões;
- **Capítulo 12 — Requisitos de Instalação para Sprinklers Residenciais:** Especifica as diretrizes para sistemas de sprinklers em residências;
- **Capítulo 13 a 15** — **Requisitos de Instalação para Diferentes Tipos de Sprinklers:** Incluem CMSA, ESFR e outros sprinklers especiais, cada um com requisitos únicos de instalação;
- **Capítulo 16** — **Instalação de Tubulação, Válvulas e Acessórios:** Detalha como a tubulação e as válvulas devem ser instaladas para otimizar o desempenho do sistema;

- **Capítulo 17** — **Requisitos de Instalação para Suporte da Tubulação do Sistema:** Fornece diretrizes para o suporte adequado da tubulação para garantir a integridade estrutural;
- **Capítulo 18 — Requisitos de Instalação para Proteção Sísmica:** Especifica como proteger o sistema de sprinklers em áreas sujeitas a sismos;
- **Capítulo 19 a 26 — Abordagens de Dimensionamento e Proteção de Armazenamento:** Exploram os diferentes métodos de dimensionamento para sistemas de sprinklers, com ênfase especial na proteção de armazenamento de diferentes configurações;
- **Capítulo 27** — **Requisitos para Ocupações Especiais:** Trata de ambientes com requisitos de proteção contra incêndio únicos, como teatros, bibliotecas, e instalações industriais;
- **Capítulo 28** — **Plantas e Cálculos:** Orienta sobre a documentação e os cálculos necessários para a aprovação e verificação de sistemas de sprinklers;
- **Capítulo 29** — **Aprovação dos Sistemas:** Detalha os procedimentos para testes e aprovação final do sistema;
- **Capítulo 30 — Modificações em Sistemas Existentes:** Aborda como os sistemas de sprinklers existentes devem ser modificados ou atualizados;
- **Capítulo 31 — Sistemas Marítimos:** Especifica requisitos para sistemas de sprinklers em embarcações e instalações marítimas;
- **Capítulo 32** — **Inspeção, Teste e Manutenção do Sistema:** Define as diretrizes para a inspeção regular e a manutenção dos sistemas de sprinklers para garantir o funcionamento contínuo e eficaz;
- **Anexos A a F**: fornecem materiais explicativos, tópicos diversos, e informações adicionais que ajudam a compreender melhor os dados de teste, procedimentos, e o desenvolvimento das abordagens de dimensionamento. São uma parte vital da norma onde constam esclarecimentos sobre recomendações técnicas.

2.5. A VISÃO REGULAMENTAR E A VISÃO DAS SEGURADORAS

Como já foi sendo referido, para se executar um projeto de SCIE em edifícios industriais, para além da regulamentação e normas, é necessário atender a exigências de seguradoras.

Naturalmente pelo investimento e uso deste tipo de edifícios é do interesse do Dono de Obra promover a segurança e reduzir ao máximo o risco de ocorrência de incêndios. Um acidente dessa natureza provoca perda de mercadorias e equipamentos, danos estruturais ao edifício e necessidade de reconstrução, mas também implica outro tipo de prejuízos ao parar o negócio, desde a continuidade de pagamento de salários, indeminizações, perda de produção, falha de compromissos com outras empresas etc.

A contratação de uma seguradora é essencial de modo a proteger os vários intervenientes, o que implica um prémio de seguro, que se trata do valor a pagar pelo cobrimento do risco. A SCI de um edifício industrial é um tema de alta complexidade, tal como a tarefa e responsabilidade de cobrir o seu risco, pelo que é natural que haja exigências de projeto por parte da seguradora.

Na maior parte dos casos, em projetos de média a grande escala, verifica-se um grande rigor e preocupação por parte do Dono de Obra no cumprimento dessas regras de forma a otimizar o prémio do seguro, logo os projetos são feitos com um cuidado superior aos mínimos regulamentares.

Para se compreender a dinâmica entre os enquadramentos legislativos e as exigências das seguradoras é necessário analisar as suas visões e objetivos.

As regras de um regulamento estipulam os padrões mínimos necessários à segurança contra incêndio, tendo como principal preocupação a salvaguarda da vida humana, não atende à proteção de propriedade, mercadorias ou equipamentos. Em relação ao incêndio tem uma visão de controlo até à chegada dos bombeiros, responsáveis pela extinção. As seguradoras desempenham um papel de mitigação de riscos financeiros, pelo que o seu interesse está centrado em impedir o desenvolvimento de um incêndio e promover a sua extinção, o mais rápido possível. As suas regras são sempre muito superiores às regulamentares. É usualmente dito, como argumento do lado das seguradoras, que cumprir a legislação é o mínimo que se pode fazer, e não o máximo

2.6. A ESTRATÉGIA DE SCI DAS SEGURADORAS

2.6.1. O MERCADO SEGURADOR

O mercado segurador é um componente essencial da economia global. Desempenhando um papel fundamental na gestão de riscos financeiros para indivíduos e empresas. O seguro é um contrato no qual uma seguradora se compromete a indemnizar o segurado por prejuízos decorrentes de eventos específicos, neste caso um incêndio, mediante o pagamento regular de um prémio.

Divide-se essencialmente em duas camadas, separando seguradoras primárias e seguradoras secundárias também chamadas de resseguradoras.

As seguradoras primárias são as entidades que oferecem seguros diretamente aos clientes. Conduzem avaliações rigorosas de riscos, considerando fatores como histórico de sinistros, localização geográfica e condições de segurança. Com base nessa avaliação, determinam o prémio.

Quando os valores são acordados por ambas as partes, a seguradora emite a apólice de seguro, documento que detalha os termos e condições da cobertura. Em caso de um evento coberto, é feita uma reclamação, a seguradora avalia o sinistro e, se aprovado, efetua o pagamento da indeminização conforme estabelecido na apólice.

Para lidar com riscos significativos, as seguradoras podem recorrer às resseguradoras. Estas operam como seguradoras das seguradoras. Essencialmente absorvem parte do risco e contribuem para a diversificação e estabilidade do mercado. Atuam em diferentes níveis, desde o resseguro tradicional até instrumentos financeiros mais complexos.

Uma outra característica interessante das companhias de seguros é a forma como gerem os seus fundos e geram negócio. Em termos de investimento são semelhantes a bancos, pois investem o dinheiro dos seus clientes, mas acontece de forma ainda mais significativa, muitas vezes denominada por *float*. Trata-se de um fenómeno onde uma parte empresta dinheiro e não espera reembolso a não ser que haja um evento circunstancial. Esta dinâmica permite que as seguradoras tenham um custo de capital positivo, ou seja, geram ganhos financeiros a partir dos seus fundos. [43]

Naturalmente, é conseguido através de investimentos variáveis, como ações e imóveis, mas também nas resseguradoras. A gestão de investimentos é crucial para encontrar um equilíbrio entre a maximização dos retornos e a preservação do capital para cumprir com as suas obrigações futuras.

Este volume de negócio permite que as seguradoras façam um grande investimento na investigação científica e realização de testes e ensaios. Em alguns casos, como é exemplo a FM Global, chegam a possuir laboratórios autónomos e até sistemas de certificação de materiais e soluções construtivas.

O lado negativo do setor é ser privado, no sentido em que não é um mercado acessível por ser tão competitivo. Isso inclui a investigação científica e os seus produtos. No entanto em alguns casos, são produzidos e publicados documentos orientadores, preciosos ao setor da SCIE, com base nesses estudos, como é o caso das *Data Sheets* da FM Global.

2.6.2. FM GLOBAL

A Factory Mutual Global é uma das mais prestigiadas seguradoras a nível global.

A sua história remete ao ano de 1835, é uma empresa com quase 190 anos de atividade. Teve como primeiro impulso o reconhecimento da necessidade de proteção contra incêndio numa fábrica de têxteis por parte do seu proprietário, Zachariah Allen, nos EUA. [44]

Na época, este cientista e inventor muniu a sua fábrica de medidas de proteção contra incêndio e posteriormente solicitou uma redução de prémio à sua entidade seguradora, que rejeitou o pedido.

Allen decidiu iniciar um movimento de mudança pelo que começou por reunir proprietários de fábricas têxteis que partilhassem a sua filosofia. Juntaram forças e criaram a *Mutual Property Insurance Company*. A ideia de negócio proporcionava incentivos aos seus parceiros, pois sempre que os prémios permanecessem no fundo da empresa até ao final do prazo da apólice, eram devolvidos aos segurados.

Ao longo dos anos outras empresas juntaram-se ao grupo, e ficaram conhecidos como *Factory Mutual*. Mais tarde grupos de empresas foram unindo forças e criando fusões para aumentar o seu alcance dando origem à FM Global em 1999.

A partir daí, foi feito um grande investimento em investigação e engenharia, dando origem à FM Global Research Campus em 2003.

Atualmente, para além de uma seguradora, é uma empresa certificadora de materiais e soluções construtivas, marcados com o selo *FM Approved*, representativo de qualidade e segurança. No entanto os seus testes não são acessíveis ao público.

De acesso público, providenciam *data sheets*, documentos semelhantes a standards como os da NFPA. Contêm recomendações muito detalhadas para todo o tipo de assuntos relacionados com o tema. São amplamente usadas a nível global para projeto, principalmente no setor industrial. Constituem um dos documentos em análise nesta dissertação, tratados com mais detalhe no Capítulo 3.

Como seguradora e empresa, tem como princípio geral a extinção do incêndio, e não o seu controlo, nunca abdicam dos SAEI e naturalmente estão na vanguarda do estudo dos efeitos das redes de Sprinklers.

Na possibilidade de existir uma situação que não seja claramente coberta pela seguradora, o cliente pode enviar amostras para os laboratórios da FM onde são testados à escala real e são criadas recomendações adequadas ao caso. Para os seus clientes, proporcionam visitas anuais às instalações onde são reavaliados todos os aspetos da SCIE. A nível legal, não é um exercício fácil, mas o leque de clientes é usualmente muito dedicado à proteção dos seus negócios pelo que o modelo funciona.

Em Portugal o cenário acompanha as tendências internacionais, sendo a FM Global e as suas certificações muito presentes no mercado nacional.

A interação da FM com a regulamentação portuguesa é praticamente nula, exceto em casos onde haja conflito de recomendações. As suas regras são muito superiores e extensivas.

2.6.3. REQUISITOS CLÁSSICOS PARA EDIFÍCIOS INDUSTRIAIS

Neste subcapítulo procura-se expor algumas regras de seguradoras associadas a projetos industriais de forma que se compreenda o seu contexto.

Normalmente, o gabinete de Engenharia recebe por parte do Dono de Obra ou da própria seguradora, um documento com exigências a cumprir no projeto, e pode tratar-se dos seguintes temas:

- Imposições à natureza das ligações de abastecimento de água;
- Diâmetros e materiais de tubagens;
- Tipos de Sprinklers a serem usados, regras de dimensionamento e materiais;
- Dimensionamento de bombas e alimentação da rede;
- Regras de desenfumagem;
- Exigência de classificação ou certificação de materiais a serem usados em coberturas, paredes, válvulas, bombas etc;
- Imposição do uso de normas ou standards;
- Informações sobre características de materiais armazenados e posterior imposição do risco associado a considerar em projeto;
- Regras de arquitetura;
- Relatórios de inspeções e testes;
- Deteção avançada de incêndio;
- Isolamento de zonas de risco acrescido;
- Regras de dimensionamento e localização de reservatórios de água;
- Regras relacionadas com a resistência de estruturas e suas características construtivas.

Como já foi referido, a presença dos projetistas de SCIE durante toda a coordenação de projeto, de forma a garantir que o trabalho evolui em conformidade com todas as regras incluindo as da seguradora, garantindo que não haja desperdícios de tempo ou imprevistos. É também aconselhável manter a seguradora a par do trabalho para que seja validado gradualmente, sem impedimentos ou necessidade de alterações constantes.

3
ANÁLISE REGULAMENTAR

3.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo é desenvolvida a análise regulamentar que servirá de base de resposta aos objetivos da dissertação.

Como já referido anteriormente, foram selecionados 3 temas dentro dos atuais desafios da SCIE no exercício de projeto:

- Classificação do Risco, com foco no armazenamento;
- Critérios de dimensionamento de redes de sprinklers;
- Instalação de painéis fotovoltaicos em coberturas industriais.

No que se refere a seguradoras, será considerada como referencial a FM Global, por ser o maior referencial de SCIE a nível mundial, pela sua presença a nível nacional e o seu volume de informação disponível para consulta pública.

Em síntese, a análise regulamentar geral que se propõe neste capítulo terá por base, por um lado a legislação nacional em vigor, as Normas Europeias, as Normas Norte-americanas da NFPA, e a perspetiva da FM Global.

3.2. ANÁLISE DA CATEGORIAS/ANÁLISE DE RISCO

3.2.1. REGULAMENTO NACIONAL

A classificação do risco está dividida em 4 categorias, representadas no Quadro 7, tendo como critérios descriminantes para a UT XII, o número de pisos ocupados pela UT em relação ao plano de referência e a densidade de carga de incêndio modificada.

De forma a impedir ou mitigar a propagação do fogo faz-se a distribuição da carga de incêndio pela área do edifício, constituindo compartimentos corta-fogo. Estes compartimentos têm limites máximos em área consoante a CR do edifício e os 4 casos de enquadramento da UT XII num edifício, tal como estabelecido no Quadro 8.

No caso da UT XII, estes limites estão estabelecidos nas condições específicas das utilizações-tipo, artigo 302.º [1]. É também um dado importante e influenciador para a determinação da DCIM.

Quadro 7 - Categorias de Risco da UT XII pela Portaria n.º 135/2020, [29]

Categoria	**Valores máximos referentes à Utilização-tipo XII**		
	Integrada em edifício		Ao ar livre
	Densidade de carga de incêndio modificada da UT XII (**)	Número de pisos ocupados pela UT XII abaixo do plano de referência (*)	Densidade de carga de incêndio modificada da UT XII (**)
1ª	$\leq 500\ \mathrm{MJ/m^2}$	0	$\leq 1\,000\ \mathrm{MJ/m^2}$
2ª	$\leq 5\,000\ \mathrm{MJ/m^2}$	≤ 1	$\leq 10\,000\ \mathrm{MJ/m^2}$
3ª	$\leq 15\,000\ \mathrm{MJ/m^2}$	≤ 1	$\leq 30\,000\ \mathrm{MJ/m^2}$
4ª	$> 15\,000\ \mathrm{MJ/m^2}$	> 1	$> 30\,000\ \mathrm{MJ/m^2}$

(*) Não são contabilizados os pisos destinados exclusivamente a instalações e equipamentos técnicos que apenas impliquem a presença de pessoas para fins de manutenção e reparação, e/ou que disponham de instalações sanitárias.
(**) Nas utilizações-tipo XII, destinadas exclusivamente a armazéns, os limites máximos da densidade de carga de incêndio modificada devem ser 10 vezes superiores aos indicados neste quadro.

Quadro 8 - Áreas máximas de compartimentação geral corta-fogo da UT XII, pela Portaria n.º 135/2020, [29]

Casos	**Localização relativamente ao plano de referência**	**Categorias de risco da UT XII**			
		1.ª	**2.ª**	**3.ª**	**4.ª**
I.	Acima	$1\,600\ \mathrm{m^2}$	$800\ \mathrm{m^2}$	$400\ \mathrm{m^2}$	
	Abaixo	Não aplicável		$400\ \mathrm{m^2}$	
II.	Acima	$6\,400\ \mathrm{m^2}$	$2\,400\ \mathrm{m^2}$	$800\ \mathrm{m^2}$	$400\ \mathrm{m^2}$
	Abaixo	Não aplicável	$800\ \mathrm{m^2}$	$400\ \mathrm{m^2}$	
III.	Acima	$12\,800\ \mathrm{m^2}$	$4\,800\ \mathrm{m^2}$	$2\,400\ \mathrm{m^2}$	$1\,200\ \mathrm{m^2}$
	Abaixo	Não aplicável	$2\,400\ \mathrm{m^2}$	$800\ \mathrm{m^2}$	$400\ \mathrm{m^2}$
IV.	Acima	Sem limite			

A DCIM a considerar na classificação do risco segue um procedimento de cálculo que passa pela determinação individual da DCIM de cada compartimento corta-fogo existente. Posteriormente é calculada a DCIM da totalidade da utilização-tipo de acordo com as indicações e tabelas do Despacho n.º 8954/2020 [45].

Estas valores podem ser determinados por cálculo determinístico ou probabilístico.

No cálculo determinístico tem-se que a CIM (Q_S), em MJ de um compartimento corta-fogo é calculada de acordo com a fórmula 3 e a respetiva DCIM (q_S), em $\mathrm{MJ/m^2}$ é calculada pela fórmula

$$Q_s = \sum_{i=1}^{N_c} M_j H_i C_i R_{ai} \ (MJ) \quad (3)$$

$$q_s = \frac{\sum_{i=1}^{N_c} M_i H_i C_i R_{ai}}{S} \ (MJ/m^2) \quad (4)$$

Em que, para ambas as fórmulas:

M_i – Massa em kg, do constituinte combustível i;

H_i – Poder calorífico inferior, em MJ/kg, do constituinte combustível i, obtido nos termos do n.º 5 de [45];

C_i – Coeficiente adimensional de combustibilidade do constituinte combustível i, obtido nos termos do n.º 6 de [45];

R_{ai} – Coeficiente adimensional de ativação do constituinte combustível i, obtido nos termos do n.º 7 de [45] em função do tipo de atividade ou do armazenamento inerente ao compartimento corta-fogo;

N_c – Número de constituintes combustíveis presentes no compartimento corta-fogo;

S – Área útil do compartimento corta-fogo em m^2.

No cálculo probabilístico existe uma distinção entre atividades de armazenamento e a fabricação e reparação. Devem ser calculadas as CIM pelas equações 5 e 6 respeitando o tipo de atividade de cada compartimento corta-fogo.

Para atividades inerentes à UT XII, exceto armazenamento tem-se que:

$$Q_s = \sum_{i=1}^{N_a} q_{si} S_i C_i R_{ai} \ (MJ) \quad (5)$$

$$q_s = \frac{\sum_{i=1}^{N_a} q_{si} S_i C_i R_{ai}}{S} \ (MJ/m^2) \quad (6)$$

Em que, para ambas as fórmulas:

q_{si} – Valor estatístico da densidade de carga de incêndio relativa ao tipo de atividade i, em MJ/m^2, obtido nos termos do n.º 7 de [45];

S_i – Área afeta à zona de atividade i, em m^2;

C_i – Coeficiente adimensional de combustibilidade do constituinte combustível de maior risco de combustibilidade presente na zona de atividade i, obtido nos termos do n.º 6 de [45].;

R_{ai} – Coeficiente adimensional de ativação do constituinte combustível i, obtido nos termos do n.º 7 de [45];

N_a – Número de zonas de atividades distintas;

S – Área útil do compartimento corta-fogo em m^2.

Para atividades de armazenamento tem-se que:

$$Q_s = \sum_{i=1}^{N_{ar}} q_{vi} h_i S_i C_i R_{ai} \ (MJ) \quad (7)$$

$$q_s = \frac{\sum_{i=1}^{N_{ar}} q_{vi} h_i S_i C_i R_{ai}}{S} \ (MJ/m^2) \quad (8)$$

Em que, para ambas as fórmulas:

q_{vi} – Valor estatístico da carga de incêndio por unidade de volume relativa à zona de armazenamento i, em MJ/m^3, obtido nos termos do n.º 7 de [45];

h_i – Altura de armazenagem da zona de armazenamento i, em m;

S_i – Área afeta à zona de armazenamento i, em m^2.

C_i – Coeficiente adimensional de combustibilidade relativo ao constituinte combustível armazenado na zona i obtido nos termos do n.º 6 de [45];

R_{ai} – Coeficiente adimensional de ativação do constituinte combustível armazenado na zona i, obtido no obtido nos termos do n.º 7 de [45];

N_a – Número de zonas de armazenamento distintas;

S – Área útil do compartimento corta-fogo em m^2.

Depois de determinada a DCIM para cada compartimento corta-fogo, procede-se então ao cálculo geral para a totalidade da UT, em que a carga de incêndio modificada (Q), em MJ, é calculada pela fórmula 9 e a densidade de carga de incêndio modificada (q) em MJ/m^2, é determinada pela fórmula 10:

$$Q = \sum_{k=1}^{N} q_{Sk} S_k \ (MJ) \quad (9)$$

$$q_s = \frac{\sum_{k=1}^{N} q_{Sk} S_k}{\sum_{k=1}^{N} S_k} \ (MJ/m^2) \quad (10)$$

Em que, para ambas as fórmulas:

q_{Sk} – Densidade de carga de incêndio modificada, em MJ/m^2, de cada compartimento corta-fogo k obtido nos termos do n.º 3 de [45];

S_k – Área útil de cada compartimento corta-fogo, em m^2;

N – Número de compartimentos corta-fogo.

No final do processo de cálculo e pelo Quadro 7 é então determinada a classe de risco da UT, dando por terminada a classificação de risco pela regulamentação portuguesa.

3.2.2. EN 12845

A Norma Europeia EN 12845 divide a classificação do risco em 3 grandes grupos:

- **Risco sem armazenamento:** considera todos os usos que não incluam armazenamentos significativos, com grande foco no processamento e fabrico dos materiais. O agravamento do risco depende do uso dos edifícios e atividades que neles se desenvolvem ou da carga energética e da combustibilidade dos produtos em fabrico;
- **Risco de armazenamento:** numa primeira fase é feita a análise das características do produto e a forma como está embalado. Numa segunda fase define algumas configurações de armazenagem;
- **Riscos especiais:** este grupo é destinado a materiais que possam representar riscos agravados como líquidos inflamáveis, recipientes de polipropileno e polietileno, paletes vazios, aerossóis etc. A sua metodologia está descrita no Anexo G da Norma citada em [1].

3.2.2.1. RISCO SEM ARMAZENAMENTO

A classificação do risco sem armazenamento ou com um limite de armazenamento muito baixo, está descrita nos quadros de seguida apresentados. Está organizada em grupos de risco com diferentes níveis de gravidade.

Esta classificação toma em consideração, além do que já foi exposto anteriormente, o tipo de trabalhos desenvolvidos e materiais envolvidos. O termo "Ocupação" refere-se sempre a um espaço onde pode ser produzido um determinado material, que pode ser específico ou genérico.

Quadro 9 - Classes de risco sem armazenamento pela EN 12845 [1]

Classe de Risco	Descrição
RL – Risco Ligeiro	Ocupações com baixa carga de incêndio e baixa combustibilidade; Área de compartimento ≤ 126 m^2; Resistência ao fogo ≤ 30 min
RO – Risco Ordinário	Ocupações onde são produzidos e processados materiais de média combustibilidade e carga de incêndio.
RO1 – Ordinário – Grupo 1	Quadro 10
RO2 – Ordinário – Grupo 2	
RO3 – Ordinário – Grupo 3	
RO4 – Ordinário – Grupo 4	
REP – Risco Elevado, Produção	Ocupações onde existem materiais com elevada carga de incêndio e combustibilidade, capazes de desenvolver um incêndio intenso ou de propagação rápida.
REP1 – Extra – Grupo 1	Quadro 11
REP2 – Extra – Grupo 2	
REP3 – Extra – Grupo 3	

Classe de Risco	Descrição
REP4 – Extra – Grupo 4	
REA – Risco Elevado, Armazenagem	Espaços onde a altura de armazenagem ultrapassa o limite da Classe de Risco OH.

Quadro 10 - Ocupações de Risco Ordinário de acordo cm a EN 12845 *[1]*

Ocupação	Grupos de Risco Ordinário			
	OH1	OH2	OH3	OH4
Vidro e cerâmico	-	-	Fábricas de vidro	-
Químicos	Trabalhos de cimento	Fábricas de película fotográfica	Fábricas de sabão e tinturas Laboratórios de fotografia Lojas de aplicação de pintura à base de água	-
Engenharia	Fábricas de chapa metálica	Trabalhos metálicos	Fábricas de eletrónicos, equipamentos de rádio, máquinas de lavar. Oficinas de carros	-
Alimentar e bebidas	-	Matadouros Fábricas de carnes, chocolate, biscoitos ou laticínios Padarias Destilarias Confeção	Fábricas de forragem animal, desidratação de vegetais e sopas ou açúcar. Moinhos de milho	Destilarias de álcool
Diversos	Bibliotecas (exceto livrarias) Escritórios	Laboratórios Lavandarias Estacionamento de carros Museus	Estúdios de transmissão (pequenos) Salas técnicas	Fábricas de tabaco Estúdios de produção de cinema e televisão

Ocupação	Grupos de Risco Ordinário			
	OH1	**OH2**	**OH3**	**OH4**
Papel	-	-	Fábricas de cartão, papel ou encadernação de livros.	Processamento de resíduos de papel
Comercial e escritórios	Salas de computadores (exceto armazenamento de películas/fitas)	-	N.A.	Salões de exposição (*)
Têxtil	-	Fábricas de artigos de couro	Fábricas de tapetes (exceto borracha e espumas de plástico), tecidos e vestuário, calçado (exceto plásticos e borracha), colchões (exceto plásticos), costura e tecelagem, lá e moinhos de lã	Moinhos de algodão Locais de preparação de linho ou algodão.
Madeira	-	-	Fábricas de trabalhos de madeira, mobiliário (sem espumas de plástico) ou estofos (sem espumas de plástico) *Showrooms* de mobiliário	Serrarias Fábricas de contraplacado
Nota: Locais com pinturas ou outras áreas semelhantes com alta carga de incêndio em ocupação OH1 ou OH2, devem ser tratadas como OH3.				
(*) Espaçamentos excessivos devem ser tidos em consideração.				

Quadro 11 - Ocupações de processos de Risco Elevado de acordo com a EN 12845 [1]

REP1	REP2	REP3	REP4
Fabrico de tapetes e linóleos	Fabrico de isqueiros	Fabrico de nitrato de celulose	Fabrico de fogo de artifício
Fabrico de resinas, lâmpadas, terebentina, substitutos de borracha, lã de madeira, Fabricantes de fósforos Lojas de aplicação de pinturas com solvente Fábricas de refrigeradores, cabos PP/PE/PS (Polietileno/Polipropileno/Poliestireno) ou características semelhantes mais gravosas que OH3, plásticos e artigos de plástico (exceto espumas) para PP/PE/PS ou características semelhantes mais gravosas que OH3, artigos de borracha, fibras sintéticas (exceto acrílico), cordas, tapetes plásticos não expandidos, calçado com plásticos e borracha Trabalhos de pintura	Destilação de alcatrão *Depots* para autocarros, camiões descarregados e carruagens de comboios. Fabricantes de cera para velas, parafina ou aglomerados Pavilhões de máquinas de papel Fábricas de tapetes com borracha e espumas plásticas) Serralharias Fabrico de tinta, cores ou vernizes	Pneus de borracha para carros e camiões Fabrico de materiais M3 (Fator Material 3), espumas plásticas, espumas de borracha e artigos de espuma de borracha (exceto M4)	

Nota: Pode ser necessária proteção adicional de objetos.

3.2.2.2. RISCO DE ARMAZENAMENTO

Como já foi referido anteriormente, esta classificação passa pela categoria do produto e sua embalagem e também pela configuração em armazenamento. Pelo que se devem seguir as indicações da norma e a sua sequência.

3.2.2.2.1. CLASSIFICAÇÃO DO PRODUTO E EMBALAGEM

Para a classificação dos produtos e no caso em que a embalagem do produto não apresente um acréscimo de risco, ou seja, com características mais gravosas do que uma caixa de cartão, pode ser consultada a "Listagem alfabética de produtos armazenados e categorias" (Anexo normativo C da norma [1]). Caso contrário deverá ser seguida a metodologia para classificação de bens armazenados do subcapítulo seguinte.

A Figura 14 contém o diagrama de fluxo geral a seguir para determinar a classe de armazenamento

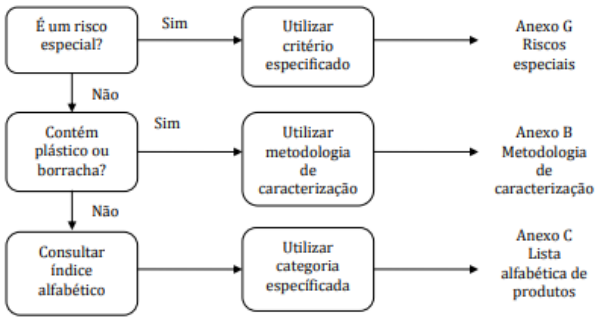


Figura 14 - Fluxograma para determinar as classes requeridas para o armazenamento, EN 12845 *[1]*

3.2.2.2.2. METODOLOGIA PARA CLASSIFICAÇÃO DE BENS ARMAZENADOS

O Fator Material é um indicador, determinado na normativa do Anexo B da Norma Europeia citada, que pode traduzir diretamente a categoria da mercadoria caso não existam requisitos de modificação devidos à sua configuração em armazém.

Esta categorização, descrita no Quadro 12, divide-se em 4 fatores materiais distintos:

- **Fator material 1:** Produtos até média combustibilidade em embalagem combustível/não combustível. Produtos com pouco plástico, limitados a 5% da massa + palete no caso de plásticos não expandidos e 5% do volume em plásticos expandidos;
- **Fator material 2:** Produtos com maior valor energético e com teor de plástico limitado pelo exposto na Figura 15;
- **Fator material 3:** Materiais predominantemente de plástico expandido ou com valor energético semelhante;
- **Fator material 4:** Materiais com mais de 40% em volume de plástico expandido, ou valor energético equivalente.

O conteúdo em plástico é um fator crítico para a determinação do risco. As suas concentrações estão representadas graficamente na Figura 15, em correspondência a cada fator material.

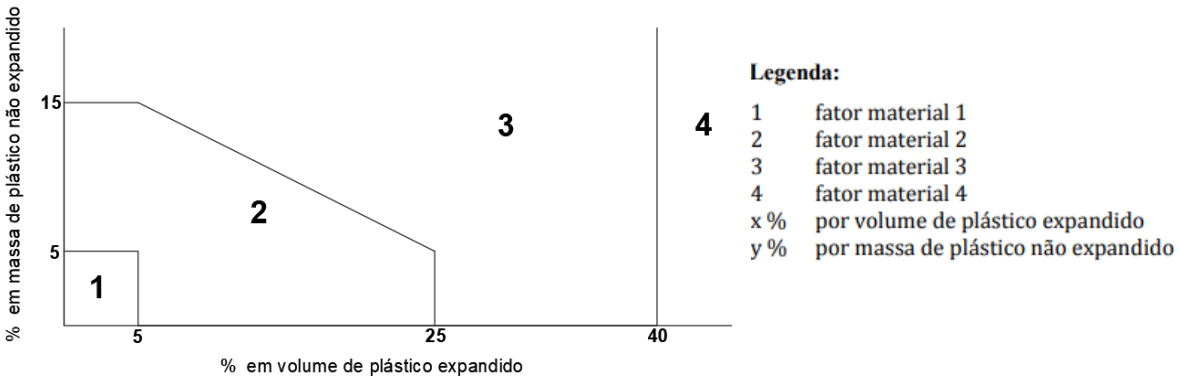


Figura 15 - Diagrama do Fator Material, EN 12845 [1]

Este diagrama pode ser aplicado a misturas de materiais incluindo a embalagem e palete. Considera borracha e plástico como o mesmo material.

Quadro 12 - Descrição do indicador Fator Material [1]

Fator material	Exemplos
1	Peças de metal com/sem embalagem de cartão em palete de madeira; comida liofilizada embalada; comida enlatada; roupa não sintética; produtos de couro; produtos de madeira; cerâmica em caixas de cartão/madeira; ferramentas de metal em caixas de cartão/madeira;
2	Mobiliário de madeira ou metal com assentos em plástico; equipamento elétrico com partes ou embalagem de plástico; cabos elétricos em bobinas ou em caixas de cartão; tecidos sintéticos.
3	Baterias de carro sem eletrólito; malas de plástico; computadores portáteis; copos e talheres de plástico não expandido.
4	Colchões de espuma; embalagens de poliestireno expandido; estofos de espuma

Após a determinação do fator material é necessário atender à configuração da armazenagem dos materiais, estudando o seu efeito e suas consequências. Desta forma será possível determinar a categoria mais adequada.

Segundo a norma, é possível categorizar os materiais com base no Quadro 13 ou através da "listagem alfabética de produtos armazenados e categorias" da normativa do Anexo C da norma. Devem ser comparadas as categorias finais dos 2 métodos, considerando sempre a situação mais gravosa.

O Quadro 13 caracteriza a armazenagem em 7 tipos:

- **Contentor de plástico exposto com conteúdos não combustíveis**: apenas para contentores de plástico contendo líquidos ou sólidos não combustíveis em contacto direto com o contentor. Não se aplica a elementos metálicos em caixas de plástico;
- **Superfície plástica exposta – não expandido**;
- **Superfície plástica exposta – expandido**: Estes são os plásticos mais perigosos, devem ser sempre tratados como Categoria IV;
- **Estrutura aberta**: Um material armazenado em estrutura aberta constitui um risco muito superior à estrutura fechada. O fluxo de ar potencía a velocidade de combustão. Se a área de superfície for grande, o risco é ainda maior;
- **Materiais sólidos em blocos**: A área de superfície de blocos sólidos é pequena quando comparada ao quociente volume/massa, o que naturalmente se traduz num risco menos elevado pela reduzida taxa de combustão. Não se aplica a plástico expandido;
- **Materiais em pó ou granulados**: À exceção dos plásticos expandidos que derretem com o fogo, os materiais granulados tendem a espalhar mais o incêndio. Não se aplica a armazenagem em estantes;
- **Configuração não especial**: Todos os que não se inserem nas configurações anteriores. Por exemplo: materiais embalados em caixas de cartão.

Quadro 13 - Categorização da armazenagem, EN 12845 [1]

Configuração da armazenagem	Fator Material			
	1	2	3	4
Contentor de plástico exposto com conteúdos não combustíveis	Cat. I,II,III	Cat. I,II,III	Cat. I,II,III	Cat. IV
Superfície plástica exposta – não expandido	Cat. III	Cat. III	Cat. III	Cat. IV
Superfície plástica exposta - expandido	Cat. IV	Cat. IV	Cat. IV	Cat. IV
Estrutura aberta	Cat. II	Cat. II	Cat. IV	Cat. IV
Materiais sólidos em blocos	Cat. I	Cat. I	Cat. II	Cat. IV
Materiais em pó ou granulados	Cat. I	Cat. II	Cat. II	Cat. IV
Configuração não especial	Cat. I	Cat. II	Cat. III	Cat. IV

As configurações de armazenagem do quadro são as seguintes:

- **Contentor de plástico exposto com conteúdos não combustíveis:**

Aplica-se unicamente a contentores de plástico contendo líquidos ou sólidos não-combustíveis em contacto direto com o contentor. Esta configuração não é aplicável a elementos metálicos contidos em caixas de plástico.

Categoria I : Contentores com líquidos não-combustíveis;

Categoria II : Pequenos contentores (≤ 50 l) com sólidos não combustíveis;

Categoria III : Grandes contentores (> 50 l) com sólidos não-combustíveis.

Exemplos: garrafas plásticas com refrigerantes ou líquidos com menos de 20 % de álcool; tubos plásticos ou tambores de pós inertes, tal como pó de talco.

- **Superfície plástica exposta – não expandido:**

A categoria deve ser aumentada para III ou IV, quando uma ou mais faces do produto forem de material plástico ou quando a superfície plástica for superior a 25% da superfície.

Exemplos: elementos metálicos em caixas de PVC; conservas alimentares embaladas em filme plástico.

Para as caixas de armazenamento de polipropileno e polietileno, ver G.8 da norma.

- **Superfície plástica exposta – expandido:**

Os materiais plásticos expandidos expostos são mais perigosos do que os plásticos não expostos. Estes materiais devem ser tratados como sendo da Categoria IV.

- **Estrutura aberta:**

Os materiais com estruturas muito abertas constituem, regra geral, um risco superior ao dos materiais com estrutura fechada. A grande área de superfície conjugada com uma elevada entrada de ar potencía a velocidade da combustão. O aumento do risco pode ser bastante considerável, designadamente em combustíveis comuns.

Exemplos: o cartão tem um fator material igual a 1; quando na forma de cartão folheado não dobrado, é da Categoria I; quando na forma de caixas vazias, é da Categoria II (devido à fácil entrada de ar); quando na forma de rolos armazenados na vertical, é da Categoria III ou superior (Risco Especial), dependendo do método de armazenamento.

- **Materiais sólidos em blocos:**

Os materiais na forma de blocos sólidos têm uma pequena área de superfície, quando comparada pelo quociente volume/massa. Isto reduz a taxa de combustão e permite baixar a categoria.

Exemplos: blocos de borracha sólida, placas de vinil para pavimentos armazenadas em bloco.

Esta configuração não se aplica a blocos de plásticos expandidos (Categoria IV).

- **Materiais em pó ou granulados:**

Os materiais granulados, excluindo os plásticos expandidos, que derretem durante um incêndio, tendem a abafar o incêndio, sendo menos perigosos do que o material de base que os constitui.

Exemplo: Grânulos plásticos utilizados na injeção de moldes, armazenados em caixas de cartão.

Esta configuração não é aplicável à armazenagem em estantes.

- **Configuração não especial:**

Os bens que não apresentem nenhuma das características acima, p. ex., bens embalados em caixas de cartão.

3.2.2.2.3. CLASSIFICAÇÃO DA CONFIGURAÇÃO DO ARMAZENAMENTO

A classificação em armazenamento está dividida em 6 classes, ver Figura 16:

- **ST1** - armazenamento livre ou em blocos de área inferior a $150\ m^2$ e com corredor de largura não inferior a 2,4 m;
- **ST2** - paletes autoportantes numa única fila, com corredores de largura não inferior a 2,4 m e em filas simples;
- **ST3** - paletes autoportantes em filas múltiplas (incluindo duplas), com área de blocos inferiores a $150\ m^2$ e com corredor de largura não inferior a 2,4 m;
- **ST4** - estantes para paletes (estantes em perfis para paletes), sem restrições de área;
- **ST5** - prateleiras maciças ou em grelha com largura de 1 m ou inferior, área inferior a $150\ m^2$ ou altura de corredor superior a 1,20 m. Corredores de largura não inferior a 2,4;
- **ST6** - prateleiras maciças ou em grelha com largura superior a 1m e inferior a 6 m com área de blocos inferiores a $150\ m^2$ e com corredor de largura não inferior a 2,4 m;

Na Figura 16 são apresentados exemplos de configurações de armazenamento. Para cada método de armazenamento existem limitações específicas quanto à altura de armazenamento, dependendo do tipo e da conceção dos sistemas de sprinklers, abordados nos próximos subcapítulos.

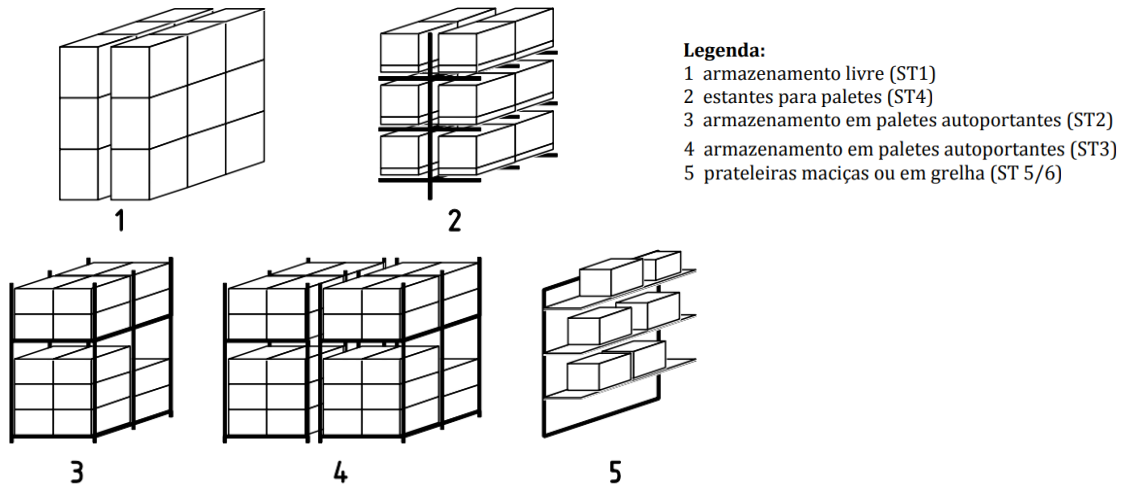


Figura 16 - Configuração de armazenamento NP EN 12845 [1]

3.2.3. NFPA

3.2.4. INTRODUÇÃO

A classificação do risco pelas normas dos EUA é um trabalho bastante complexo, devido ao elevado volume de documentos, nível de detalhe dos standards e o elevado número de cenários e materiais que são referidos. A quantidade de normas aplicáveis a edifícios industriais é extremamente numerosa pelo que se fez uma seleção de documentos que se complementam entre si e estabeleçam mínimos gerais de segurança. Naturalmente todos as normas têm motivações que lhes dão origem sendo necessário identificar os pontos principais que estabelecem a lógica de proteção contra incêndios nestes edifícios. Esse exercício envolve o estudo de vários documentos que apesar de não contribuírem para uma classificação de risco concreta, sustentam todas as preocupações implícitas ou explicitas na classificação.

A NFPA 101 [46] estabelece o código de segurança da vida onde são estabelecidos requisitos desde a fase de projeto até à operação e manutenção do edifício. O objetivo principal desta norma é a segurança dos ocupantes para todas as ocupações possíveis, promovendo a proteção contra incêndio e a proteção da vida. Esta norma não categoriza os materiais em classes de risco, apenas faz referência aos riscos baixo, ordinário e alto de materiais com base na combustibilidade e na propagação do fogo dentro do propósito do standard de forma a promover soluções e requisitos de projeto, como por exemplo, proteção e dimensionamento de caminhos de evacuação, características de portas e acabamentos interiores.

O capítulo 40 é dedicado à ocupação industrial onde são reconhecidas as características da atividade industrial e os seus perigos, e são descritas várias disposições de segurança. São estabelecidos requisitos de armazenamento, manuseamento e outras medidas de segurança para materiais perigosos tais como gases e líquidos inflamáveis ou combustíveis.

Esta norma direciona o leitor para outros documentos, como por exemplo, a NFPA 400 [47]: *Hazardous materials Code*, onde são dadas diretrizes para a classificação e armazenamento de materiais muito

perigosos com base nas suas propriedades físicas e químicas, reforçando assim os perigos de alguns materiais como os plásticos e líquidos combustíveis.

Existem muitas outras normas que abordam temas específicos e pertinentes à atividade industrial, tal como:

- NFPA 30 [48]: *Flammable and Combustible Liquids Code*;
- NFPA 70 [49]: National Eletrical Code;
- NFPA 660: Standard for Combustible Dusts, ainda em edição. Trata-se de uma fusão de 6 normas referentes ao tema.

A NFPA 704 [50], denominada por *Standard System for the Identification of Hazards of Materials for Emergency Response*, é um standard amplamente reconhecido. Trata-se, resumidamente, de um sistema de rótulos, o *diamond shaped placard*, para identificação rápida por parte das equipas de emergência e socorro de perigos para a saúde, inflamabilidade, reatividade ou riscos especiais associados a materiais muito perigosos. Cada um desses perigos tem uma cor associada, tal como representado na Figura 17 Os profissionais são treinados para a interpretação dos rótulos e são capazes de reconhecer os cuidados e ações necessárias à evacuação segura, proteções necessárias ou protocolos a aplicar.

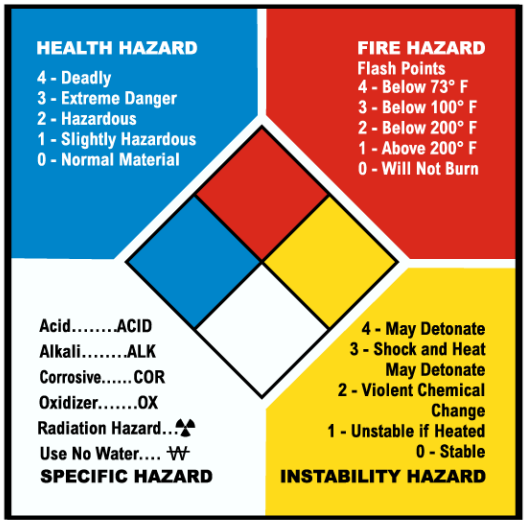


Figura 17 - Rótulo de classificação da NFPA 704, SafetySign.com

A NFPA 13 [2], que será detalhada neste capítulo, estabelece diretrizes para o projeto de sistemas de Sprinklers. A classificação do risco refere-se à classificação de ocupação e de *commodities*: *"The combination of products, packing material, and container that determines commodity classification"* (NFPA 13, cap. 3.3.37, p. 26), organizada em grupos com base no próprio conceito e na combustibilidade, propriedades físicas e outros riscos potenciais de incêndio.

3.2.4.1. CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE OCUPAÇÃO

O risco de ocupação está dividido em 3 grandes categorias que se subdividem em grupos, Quadro 14. A determinação desta classe é muito importante para o dimensionamento de Sprinklers. Os exemplos apresentados contemplam apenas ocupações compatíveis com atividades industriais.

Quadro 14 - Classes de risco de ocupação pela NFPA 13 [2]

Classe de Risco	Descrição
Risco Ligeiro	Ocupações ou partes de outras ocupações onde a quantidade e/ou combustibilidade do conteúdo é baixa e são expectáveis incêndios com taxas relativamente baixas de libertação de calor. Não têm processamento, fabrico ou armazenamento de materiais. A mobília tem lugares permanentes. Exemplo: Escritórios, incluindo processamento de dados, zonas de refeitório.
Risco Ordinário – Grupo 1	Baixa combustibilidade, altura do depósito de materiais combustíveis ≤ $2.4\ \mathrm{m}$ e são espectáveis incêndios com taxa moderada de libertação de calor. Exemplos: parques de estacionamento e showrooms, fabrico de bebidas, laticínios, sistemas elétricos, vidro e produtos de vidro, lavandarias.
Risco Ordinário – Grupo 2	Combustibilidade moderada a alta, quantidade de produtos combustíveis moderada a alta, altura de depósito de materiais combustíveis ≤ 3.7 m e são expectáveis incêndios com taxa elevada de libertação de calor. Exemplos: moinhos de cereais, componentes químicos não especiais, destilarias, produtos de couro, trabalhos metálicos, processamento de papel, fabrico de madeira e produtos de madeira, trabalhos com resinas, etc.
Risco Extra Grupo 1	Ocupações ou partes de ocupações onde existam quantidades muito elevadas e a combustibilidade é muito elevada, ou pó e fibras de tecido. Exemplos: hangares de aeronaves, zonas de uso de fluídos hidráulicos combustíveis, aplicação de pinturas, extrusão de metais, fundição, impressão com tintas com ponto de inflamação ≤ $38\ °C$, atividades com têxteis e sintéticos, atividades com borrachas e espumas plásticas.
Risco Extra Grupo 2	Ocupações com quantidades moderadas a substanciais de líquidos inflamáveis ou combustíveis e onde a proteção de combustíveis é extensiva. Exemplo: Saturação de asfaltos, trabalhos com líquidos inflamáveis, cura de óleos abertos, processamento de plásticos, limpeza de solventes e trabalhos com mergulho de materiais em tinta ou vernizes.

3.2.4.2. CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE *COMMODITIES*

A classificação de *commodities* ou mercadorias, como já referido anteriormente, não é determinada apenas pelas características do produto. A embalagem, a base do módulo de armazenagem e a forma como são armazenados também são avaliados, o que pode complicar bastante o processo de categorização. A categorização está dividida em 4 classes gerais, Quadro 15 e 3 grupos para plásticos, Quadro 16. A Classe I representa o nível de perigo mais baixo e os plásticos expandidos do Grupo A o nível mais alto de perigo, Figura 18.

Na maioria dos casos a atribuição não é direta tal como o exemplo da Figura 19, onde é possível observar

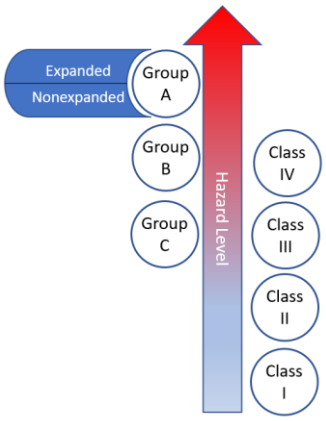


Figura 18 - Nível de risco de commodities, Bryan O'Connor

que um produto de vidro, Classe I, embalado numa caixa de cartão com dupla camada aumenta a classe de risco para Classe II. Estando armazenada numa palete de plástico reforçado o conjunto passa a Classe IV.

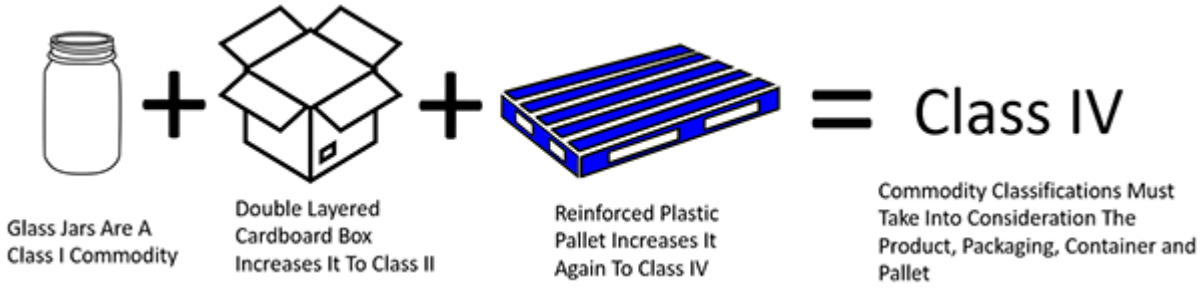


Figura 19 - Classificação de uma commodity, Bryan O'Conner

O procedimento passa por atribuir uma classe a cada componente do conjunto (produto, embalagem e base de armazenamento) pelo estabelecido no Quadro 15. Posteriormente considera-se a maior classe de risco da *commodity*.

Quadro 15 - Classes de risco de *commodities* de acordo com a NFPA 13

Classe de Risco	Descrição
Classe I	Produto incombustível que atende a um dos seguintes critérios: – Colocado diretamente em paletes de madeira;

Classe de Risco	Descrição
	– Guardado em caixas de cartão ondulado monocamada, com ou sem divisórias de cartão de espessura única; – Embalado em papel retrátil ou em papel como carga unitária.
Classe II	Produto incombustível armazenado em caixote ripado de madeira, caixas de madeira maciça, caixa de papelão ondulado de múltiplas camadas ou material de embalagem combustível equivalente.
Classe III	Produto feito de madeira, papel, fibras naturais ou plásticos do Grupo C com ou sem caixas de cartão ou *crates* (caixotes/caixas de madeira usados para transporte de grandes mercadorias). Poderá conter uma quantidade limitada (5% ou menos em peso de plástico não expandido ou 5% ou menos em volume de plástico expandido) de plásticos do Grupo A ou do Grupo B.
Classe IV	Produto que cumpra a um dos seguintes critérios: – Construído parcial ou totalmente com plásticos do Grupo B; – Consiste em materiais plásticos do Grupo A de fluxo livre; – Embalado ou dentro de um recipiente de madeira, que contém mais de 5 % e até 15 % em peso de plástico não expandido do Grupo A; – Embalado ou dentro de um recipiente de madeira, que contém mais de 5 % e até 25 % em volume de plásticos expandidos do Grupo A; – Embalado ou dentro de um recipiente de madeira, que contém uma mistura de plásticos expandidos e não expandidos do Grupo A e está em conformidade com os gráficos da Figura 21 e Figura 20; – Exposto, que contém mais de 5% e até 15% em peso de plástico não expandido do Grupo A; – Exposto, que contém uma mistura de plásticos expandidos e não expandidos do Grupo A e está de acordo com os gráficos da Figura 21 e Figura 20;

* Os Grupos A, B e C são explicados no Quadro 16

A classificação dos plásticos é bastante mais direta pois basta consultar as listas de cada grupo no Quadro 16. Se a *commodity* armazenada for uma combinação de vários grupos de plásticos então devem ser consultados os gráficos das Figuras 20 e 21 que ajudam a levantar a complexidade ao trabalharem com percentagens de plástico expandido e não expandido, abordando *commodities* embaladas e não embaladas.

Quadro 16 - Grupos de risco de plásticos, NFPA 13

Grupo de risco	Descrição
Plásticos Grupo C	São tratados como *commodities* Classe III e consistem no seguinte: – Fluoroplásticos (PCTFE — policlorotrifluoretileno; PTFE — politetrafluoretileno); – elamina (melamina formaldeído); – Fenólico; – PVC (policloreto de vinila — flexível — PVCs com teor de plastificante até 20%); – PVDC (cloreto de polivinilideno); – VDF (fluoreto de polivinilideno); – Ureia (ureia formaldeído).
Plásticos Grupo B	São tratados como *commodities* Classe IV e consistem no seguinte: – borracha de cloropreno; – Fluoroplásticos (ECTFE — copolímero de etileno-clorotrifluoroetileno; ETFE — copolímero de etileno-tetrafluoretileno; FEP — copolímero de etileno-propileno fluorado); – Borracha de silicone.
Plásticos Grupo A	São subdivididos em plásticos expandidos e não expandidos e consistem em todos os plásticos listados na tabela abaixo: – ABS (copolímero de acrilonitrila-butadieno-estireno); – FRP (poliéster reforçado com fibra de vidro); – Policarbonato; – PVC (policloreto de vinil — altamente plastificado, com teor de plastificante superior a 20 %) (raramente encontrado); – Acetal (poliformaldeído); – Borracha natural; – Elastômero de poliéster; – Acrílico (polimetil metacrilato); – Borracha nitrílica (acrilonitrila-butadieno-borracha). – Polietileno; – borracha butílica; – Nylon (nylon 6, nylon 6/6); – Polipropileno; – PVF (fluoreto de polivinila); – Celulósicos (acetato de celulose, butirato de acetato de celulose, etilcelulose); – PET (poliéster termoplástico); – Poliestireno; – SAN (estireno acrilonitrila); – EPDM (borracha de etileno-propileno); – Polibutadieno; – Poliuretano; – SBR (borracha de estireno-butadieno).

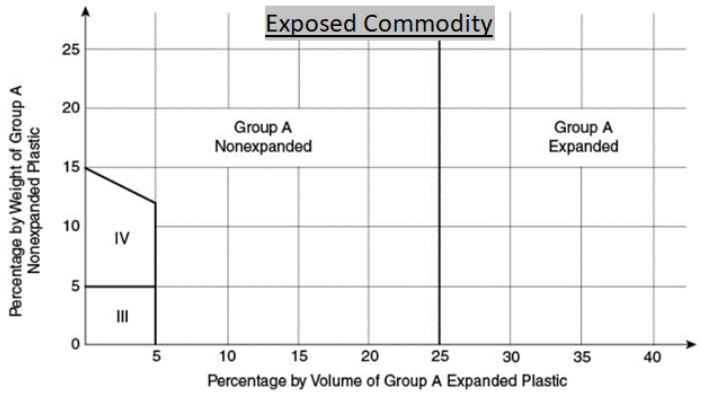


Figura 20 - Classificação de plásticos expostos, NFPA 13 [2]

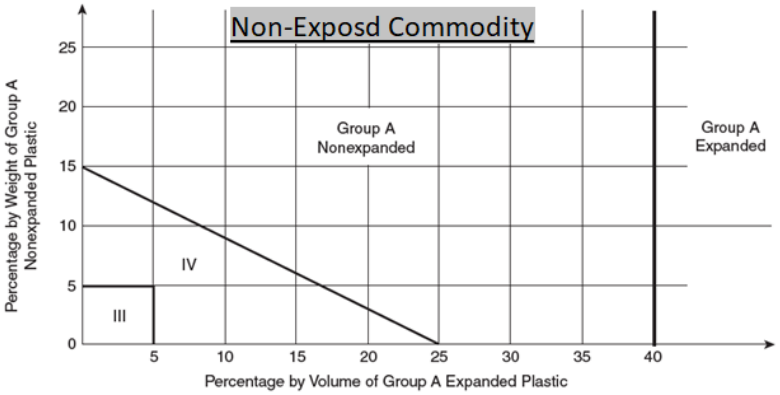


Figura 21 - Classificação de plásticos não expostos, NFPA 13 [2]

Para auxiliar a classificação dos produtos a NFPA 13 [2] apresenta alguns fluxogramas de decisão, como é o caso da Figura 22:

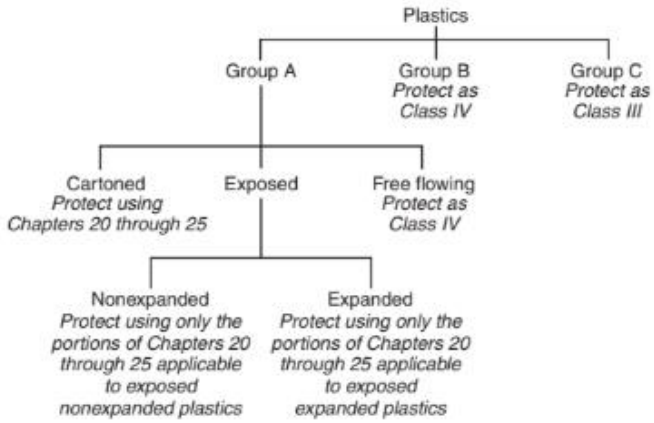


Figura 22 - Árvore de decisão, 20.4.8 NFPA 13 [2]

Existe ainda um guia prático no Anexo A da NFPA 13 versão de 2022, denominado por *Table A.20.3 General Guide to Identifying the Commodity Class for Solid Combustibles* na página 500 de 619 caso restem dúvidas sobre a classificação, ou até se pretenda utilizar como guia primário.

Nas páginas seguintes da referida norma, existem listas extensas e organizadas alfabeticamente e por tipo de produto com a classificação final, e inúmeros exemplos de todas as classes de *commodities*.

No caso de existirem materiais de várias categorias de risco deve haver uma separação ou segregação entre os materiais, de forma que os que apresentam perigo mais alto fiquem alocados na mesma zona e a proteção dimensionada de acordo com essas exigências, permitindo assim alocar os produtos de menor categoria de risco a uma zona de menor proteção.

3.2.4.3. CONFIGURAÇÕES EM ARMAZENAMENTO

A configuração em armazenamento pode ser realizada em pilhas ou em estantes e racks:

- **Estantes:** os produtos são armazenados em estruturas até 76 cm de profundidade com uma separação vertical que normalmente não supera os 60 cm;
- **Racks:** os produtos são armazenados dentro de estruturas com elementos verticais, horizontais e diagonais que suportam os materiais. Em alguns casos são incorporadas estantes. Podem ainda ser fixos, móveis ou portáteis. Classificam-se em:
    - **Simples:** até 1,8 m de largura e corredores de pelo menos 1,1 m;
    - **Duplos:** conjuntos com largura inferior a 3,7 m e corredores de pelo menos 1,1 m;

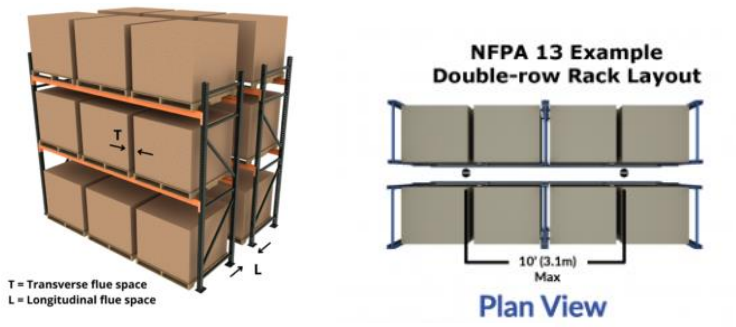


Figura 23 - Rack duplos, [48] [49]

- **Múltiplos:** largura superior a 3,7 m com racks simples ou duplos separados por corredores de pelo menos 1,1 m:



Figura 24 - Racks múltiplos [50]

- **Móveis:** racks que se movem sob guias fixas:
- **Portáteis**: racks que não estão fixos ao solo e podem formar um grande número de configurações.

- ***Solid-Piled Storage*:** armazenamento de materiais diretamente no chão, em prateleiras baixas, ou em paletes sem o uso de prateleiras elevadas

3.2.5. FM GLOBAL

A classificação de risco pelos requisitos da FM Global pode tornar-se uma tarefa ainda mais complexa quando comparada às normas anteriores, devido à sua natureza e objetivos. No entanto, é usualmente fornecido um fluxograma para uso apropriado de cada *Data Sheet*, tornando a leitura dos documentos bastante mais clara contrariamente às normas na NFPA.

É importante reforçar que o objetivo dos requisitos de uma seguradora é a diminuição do risco de incêndio tanto quanto possível, o que não obedece ao propósito dos regulamentos e normas que visam a estabelecer mínimos de segurança para a vida dos ocupantes. Neste subcapítulo procura-se analisar apenas os conteúdos principais que descrevam preocupações semelhantes às prescritas por todos os documentos anteriores, logo não será dada atenção a detalhes e considerações mais específicas.

De forma a sintetizar informação relevante para a problemática da dissertação, foi analisada a *Data Sheet 2.0: Instalation Guidelines for Automatic Sprinklers* [51].

No início do documento, capítulo 2.1.5. página 11/169, o leitor é convidado a analisar 8 standards, alguns obrigatórios para a classificação de risco:

- Data Sheet 3-26 [52]: *Fire Protection for Nonstorage Occupancies;*
- Data Sheet 8-1 [53]: *Commodity Classification;*
- Data Sheet 8-9 [54]: *Storage of Class 1, 2, 3, 4 and Plastic Commodities.*

O conceito de commodity, Figura 25, é bastante semelhante à da NFPA, com a agravante de estudar com mais detalhe todos os constituintes e considerar as embalagens internas do produto armazenado.

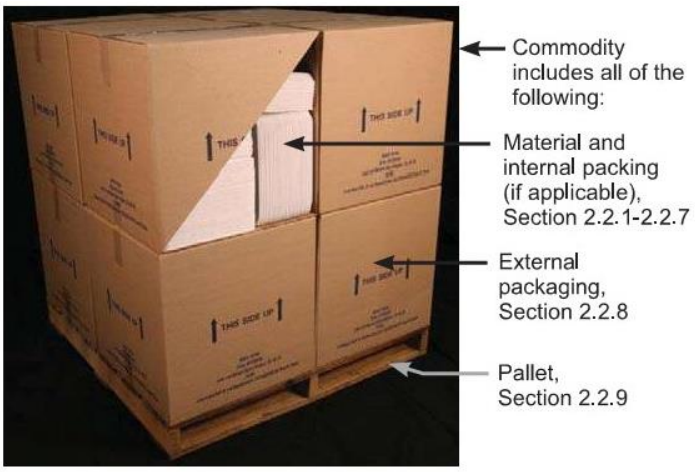


Figura 25 - Componentes de uma commodity, FM Global *[53]*

3.2.5.1. OCUPAÇÕES

Na classificação de ocupações, sem armazenamento deve ser consultada a *Data Sheet* 3-26 [52] seguindo o fluxograma da seguinte figura.

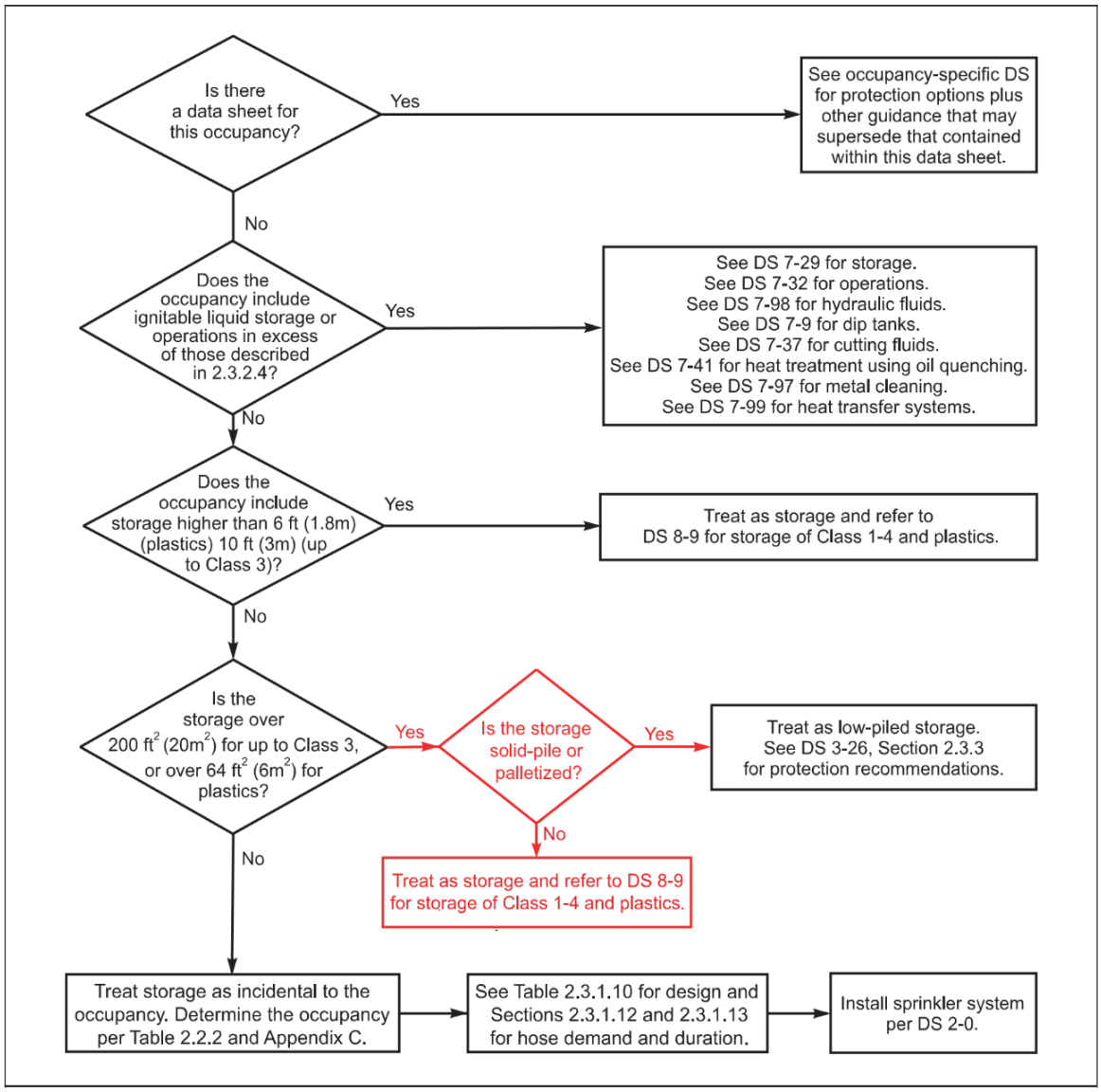


Figura 26 - Fluxograma para determinação do uso adequado da Data Sheet, FM Global [52]

A classificação do risco das ocupações divide-se em 3 categorias, Quadro 17:

Quadro 17 - Classes de risco baseadas na ocupação predominante, FM Global [52]

Classes de risco	Descrição
HC - 1	Áreas com carga geral combustível leve e com combustíveis limitados usados em processos, ou operações de baixo risco. Isso inclui móveis combustíveis que normalmente não são contínuos em áreas bem subdivididas. Esta categoria de perigo não inclui qualquer armazenamento acidental de plásticos, ou plásticos usados na construção de paredes e/ou tetos. Esta categoria de perigo pode ter quantidades de líquidos inflamáveis de acordo com o Quadro 18. Exemplos: residências, escritórios, fabricação não combustível e hospitais.
HC - 2	Áreas com carga combustível moderada contínua com combustíveis em processos ou operações de perigo moderado devido a quantidades limitadas de plásticos ou líquidos inflamáveis. Exemplos: oficinas mecânicas, carpintaria e montagem eletrónica, bem como retalho, teatros e produção de alimentos.
HC - 3	Áreas com carga combustível mais elevada, geralmente contínua com quantidades limitadas de líquidos inflamáveis e/ou maiores quantidades de plásticos. Exemplos incluem fabricação de plástico, fabricação e montagem de veículos e fábricas de impressão.

Nota: Consultar o Apêndice C da referência [52], Tabelas C-1 e C-2, para considerações ao aplicar uma categoria de perigo. Os exemplos aqui listados são típicos para cada categoria de risco, mas pode ser necessário ajustar para uma categoria superior ou inferior com base nos detalhes específicos da ocupação.

Quadro 18 - Armazenamento de líquidos inflamáveis de HC-1 em recipientes, de qualquer construção, [52]

Tipo de líquido	Tamanho máximo do recipiente	Quantidade total de líquido inflamável	Localização
Não miscível em água	140 ml	240 ml	Sem restrição
	Sem restrição	>240 ml	No exterior/ Líquido inflamável Armários *FM Approved* ou latas de segurança.
Grupo 1 miscível em água	3,8 L	3,8 L	Sem restrição
	19 L	19 L	Armazéns com paredes incombustíveis ou armários de metal normais
Grupo 2-4 miscível em água	19 L	19 L	Sem restrição
	19 L	76 L	Armazéns com paredes incombustíveis ou armários de metal normais

3.2.5.2. CLASSIFICAÇÃO DE COMMODITIES

Pela *Data Sheet* 8-1 *Commodity Classification* [53], o procedimento de classificação de todo o conjunto está dividido em 3 fases:

1) Avaliação do produto a armazenar e a sua embalagem interior;
2) Avaliação do efeito da embalagem exterior;
3) Avaliação do efeito das paletes.

Também podem ser consultadas listas de *commodities* já classificadas.

A classificação de produtos armazenados, divide-se em 5 categorias, Quadro 19, onde é possível observar que são mantidas as categorias de produtos combustíveis semelhantes à NFPA.

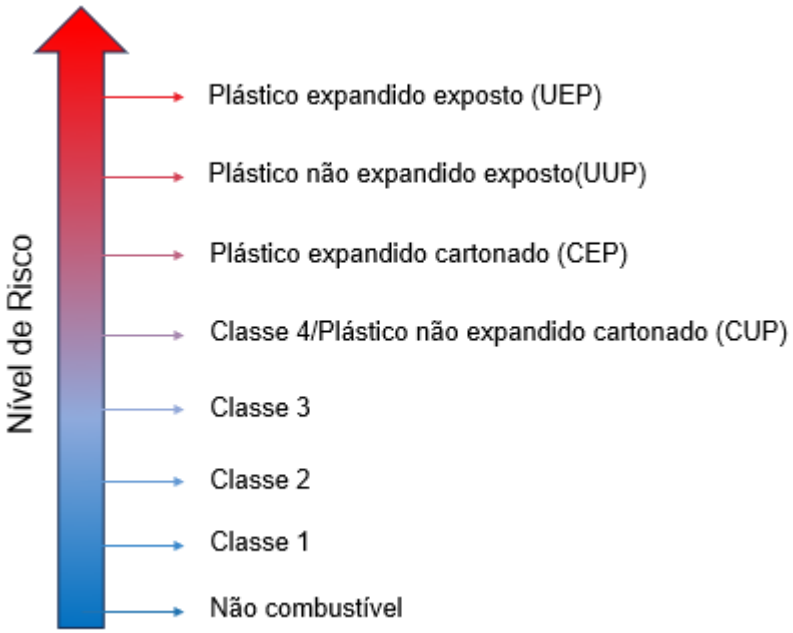


Figura 27 - Nível de Risco de commodities, Figura da autora

Quadro 19 - Classes de risco de commodities, FM Global [53]

Classes de risco	Descrição
Classe 1	Materiais não combustíveis em madeira ou paletes aprovados pela FM Materiais incombustíveis embalados em caixas de cartão ondulado monocamada com ou sem divisórias, ou em embalagens de papel comuns em paletes de madeira *FM Approved.* Podem conter uma quantidade insignificante de acabamentos em plástico, como botões ou alças.
Classe 2	*Commodities* incombustíveis ou de Classe 1 armazenadas em caixas de cartão ondulado de espessura múltipla, em recipientes de madeira ripada, caixas de madeira sólidas ou material de embalagem combustível equivalente a madeira ou paletes *FM Approved*.

Classes de risco	Descrição
Classe 3	Materiais celulósicos, como madeira, papel ou têxteis naturais, em madeira ou paletes *FM Approved*. Podem ou não ser armazenados em caixas de cartão ondulado. Materiais das classes 1, 2 e 3 contendo no máximo 5% de plástico (não expandido, expandido ou combinação dos dois) por peso ou volume.
Classe 4	O peso ou volume total de plástico não expandido é superior a 5% para uma única carga de palete. O volume total de plástico expandido (plástico de espuma) é de 5% a 40% para uma única carga de palete. O volume total de plástico expandido é superior a 5% e até 20% quando exposto ou localizado na parte externa do material (ou seja, protege ou envolve o material). Se o material for considerado plástico não expandido e for armazenado em caixas de cartão ondulado, tratar a mercadoria como plástico cartonado não expandido (CUP)/Classe 4. Caso contrário, tratar como plástico exposto não expandido (UUP).
Plástico Expandido EP	O volume total de plástico expandido (plástico de espuma) é superior a 40%. O volume total de plástico expandido é superior a 20% e está exposto ou localizado na parte externa do material (ou seja, protege ou envolve o material). Recipientes de plástico vazios com mais de 1 L de capacidade e que não estejam encaixados. Caso o material seja considerado EP e esteja armazenado em caixas de cartão ondulado, tratar a *commodity* como plástico expandido cartonado (CEP). Caso contrário, tratar como plástico expandido exposto (UEP).

Caso restem dúvidas ou o material tiver uma descrição bastante completa, podem ser consultadas as listas de exemplos de classificação de materiais presentes na *Data Sheet 8-1 Commodity Classification* [53].

3.2.5.3. EMBALAGEM EXTERNA

A embalagem externa de um material é determinante para as fases iniciais do crescimento do fogo, principalmente se o material for plástico, logo é necessário dedicar alguma atenção ao tópico e explorar cenários que não são referidos.

De seguida, são avaliadas extensivamente as embalagens dos produtos armazenados. O Quadro 21 resume os requisitos mais genéricos.

Quadro 20 - Quadro resumo de classificação de commodities consoante a embalagem, FM Global [53]

Conteúdos gerais	**Laterais e/ou base do recipiente**	**Espessura da parede do recipiente**	**Volume do recipiente de plástico**	**Descrição dos conteúdos**	**Classificação da *commodity***
Sólido	Sólida ou gradeada	Sem restrições	>1 L	Incombustível	UUP
			≤ 1 L	Incombustível	CUP
			Sem restrições	Combustível UUP ou de risco menor	UUP
			Sem restrições	UEP commodities	UEP
Líquido ou semilíquido	Gradeada	Sem restrições	Sem restrições	Garrafas ou jarros que contenham líquidos/semilíquidos não inflamáveis	Classe 1
	Sólida	Sem restrições	Sem restrições	Garrafas ou jarros que contenham líquidos/semilíquidos não inflamáveis	UUP
			≤ 5 L	líquidos/semilíquidos não inflamáveis	Classe 1
		≥ ¼ mm	> 5L	líquidos/semilíquidos não inflamáveis	UUP
		< ¼ mm	> 5L	líquidos/semilíquidos não inflamáveis	Classe 2

A *data sheet* apesenta vários exemplos específicos de combinações ou cenários que não se inserem no quadro resumo.

Em síntese, a classificação de risco da FM Global partilha algumas semelhanças com as normas da NFPA. No tipo de armazenamento, faz considerações bastante semelhantes com a NFPA 13 [2].

3.3. CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DE SPRINKLERS

3.3.1. INTRODUÇÃO

No presente subcapítulo pretende-se dar foco aos principais critérios e requisitos de dimensionamento das redes de SAEI de acordo com os vários referenciais normativos.

Para organizar a análise, foram determinados 2 pontos pivô:

- Condicionantes do edifício, atividade e tecnologia;
- Generalidades de dimensionamento;

Cada um dos pontos e subpontos serão analisados nos vários referenciais normativos. Aconselha-se a sua leitura com acompanhamento do índice respetivo.

Esta estratégia foi inspirada no livro da CEPREVEN que se encontra na referência [3].

Antes de avançar para a análise regulamentar, torna-se pertinente fazer um enquadramento sobre Sprinklers, o seu funcionamento e as características mais importantes.

Os Sprinklers podem utilizar vários tipos de agentes extintores, sendo a água o mais comum, pela sua maior disponibilidade, menor custo, facilidade de armazenamento e transporte, combatendo o incêndio por arrefecimento. Os SAEI-água serão o foco de análise.

A água é utilizada essencialmente no estado líquido sob a forma de jato, chuveiro (água pulverizada), nebulizada (água finamente pulverizada) ou, mais raramente, sob a forma de vapor. A sua eficácia deve-se a algumas propriedades físicas, tais como: [55]

- É um líquido estável à temperatura ambiente;
- Cada grama de água absorve uma caloria de energia ao elevar a sua temperatura de 1ºC (por exemplo de 14ºC para 15ºC), à pressão normal;
- Cada grama de água, ao passar do estado líquido ao estado gasoso (vapor) à temperatura de 100ºC, absorve 540 calorias de energia;
- Ao vaporizar-se sofre um aumento de volume de 1700 vezes, à pressão normal.

Naturalmente, quanto mais pulverizada for a água, mais eficaz é o sistema.

Neste momento torna-se pertinente conhecer as características gerais dos Sprinklers, as suas implicações na prestação do equipamento e os tipos de redes.

3.3.2. SPRINKLERS: DEFINIÇÃO E COMPONENTES

Segundo a norma internacional ISO 6182 [56], um sprinkler é definido como um dispositivo termossensível projetado para reagir a uma temperatura pré-determinada, libertando automaticamente um fluxo de água, distribuído de acordo com um padrão e quantidade especificada, sobre uma área.

Um sprinkler tradicional é essencialmente constituído por 6 elementos como se pode observar na Figura 28. O seu funcionamento é bastante simples: Com o aumento de temperatura, o líquido ou gás térmico começa a expandir. Quando o ar atinge uma temperatura crítica, a ampola de vidro quebra. A partir desse momento, não existe nenhuma estrutura a impedir o escoamento da água que se vai localizar na zona da rosca de fixação e ligada à rede a uma determinada pressão. A água começa então a ser debitada, a alta pressão, a partir do orifício dentro ou acima do vedante, caindo sobre o defletor que direciona e espalha a água na sua área de ação.

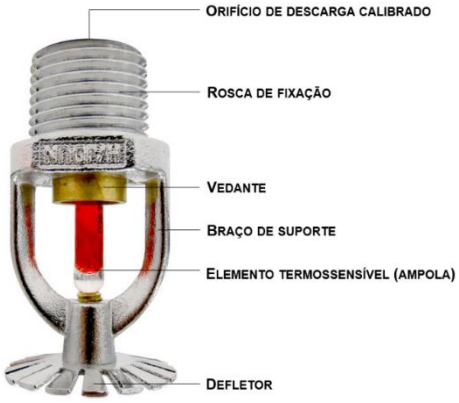


Figura 28 - Elementos de um sprinkler, Retucci Engenharia. Designação da autora

Este sistema com ampola é o mais utilizado nos edifícios industriais, no entanto existem no mercado sprinklers com detetor ou fusível térmico no lugar da ampola. O seu funcionamento é semelhante, no

caso a ativação do detetor desencadeia a abertura de uma válvula no sistema, e a água é libertada por um orifício de descarga.

Durante o processo de fabrico, há várias características que podem ser alteradas de forma a obter diferentes prestações, e são as seguintes: [55]

- Sensibilidade térmica;
- Temperatura de atuação;
- Dimensão do orifício de descarga – coeficiente de descarga;
- Padrão de descarga;
- Condição de instalação;
- Área de cobertura;
- Condições especiais de uso.

Estas características traduzem-se em requisitos de projeto ou componentes de grande relevância, pelo que nos próximos subcapítulos é feita uma descrição dos conceitos mais importantes.

3.3.2.1. SENSIBILIDADE TÉRMICA

Esta característica dita a velocidade da reação de resposta ao aumento de temperatura, por parte do elemento termossensível. Para medir essa velocidade utiliza-se o conceito de *Response Time Index* (RTI), que é função do coeficiente de transferência de calor por convecção, do calor específico do elemento sensível, sua massa e superfície, e por fim tubagens e acessórios que possam estar em contacto com o sprinkler. Podem ser classificados em três tipos:

- **Resposta rápida:** RTI < 50;
- **Resposta normal:** RTI < 80;
- **Resposta especial:** 50 < RTI < 80.

Atualmente, um dos tipos de sprinklers mais utilizados em edifícios industriais, especialmente em zonas de armazenagem, são os *Early Supression Fast Response* (ESFR) também conhecidos por ESFR de grande caudal. Destinguem.se pela sua capacidade de atuar numa grande área e debitarem enormes quantidades de água. Usualmente, têm um RTI < 50, de forma a estarem configurados para uma resposta mais rápida.

3.3.2.2. TEMPERATURA DE ATUAÇÃO

A temperatura do conteúdo da ampola de vidro está normalizada segundo um código de cores inicialmente estabelecido pela NFPA 29. No caso das ampolas pretas, podem ir até aos 260 ºC.

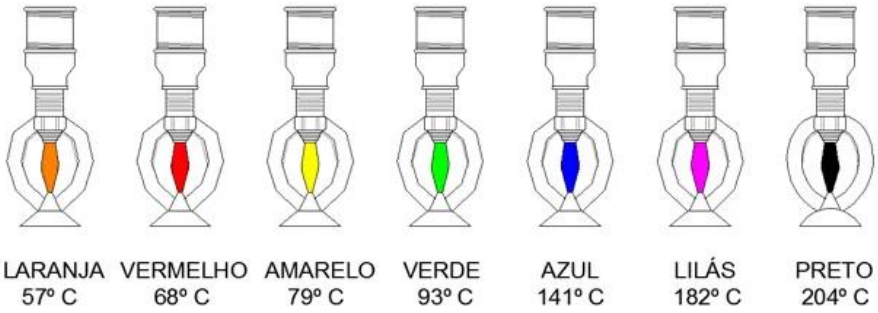


Figura 29 - Código de cores por temperatura de operação, Global América

3.3.2.3. Coeficiente de descarga K

O fator K, que está relacionado com a dimensão do orifício de descarga, representa o desempenho de um sprinkler, ou seja, a quantidade de água que pode libertar por unidade de tempo, calculado pela seguinte fórmula:

$$K = \frac{Q}{\sqrt{P}} \tag{11}$$

Onde:

K – Constante de escamento do sprinkler [l/min.bar$^{1/2}$ ou gpm/psi$^{1/2}$];

Q – Caudal [l/min ou gpm];

P – Pressão [bar ou psi].

Existem duas formas de reconhecer o valor de K, resultante das duas combinações de unidades acima descritas. Um sprinkler K360 ou K115, designado por fator K métrico, está calculado em l/min.bar$^{1/2}$, enquanto que as notações (correspondentes) K = 25,2 e K = 8,0 são designadas por fator K nominal e as suas unidades são gpm/psi$^{1/2}$.

Em Portugal é usual utilizar o sistema métrico, no entanto, comercialmente, os nomes dos sprinklers podem estar associados ao segundo sistema nominal, como é o caso dos famosos sprinklers ESFR 25, que se trata de um K360.

É importante notar que um K360, atualmente um dos sprinklers mais potentes do mercado, apresenta caudais muito superiores a um K115. Neste momento convida-se o leitor a visualizar 2 vídeos, correspondentes às referências [57] e [58], onde é possível observar rapidamente a diferença entre os 2 sprinklers e motivar desde já a sua separação.

3.3.2.4. PADRÃO DE DESCARGA

Esta característica refere-se à forma geométrica de como a água é distribuída pelo sprinkler, tendo em conta a sua localização, orientação, fator K e pressão. É uma informação naturalmente associada a cada

sprinkler, normalmente fornecida pelo próprio fabricante. Nas figuras seguintes, constam alguns exemplos de padrões de descarga para diferentes tipos de sprinklers instalados em tetos sem obstruções.

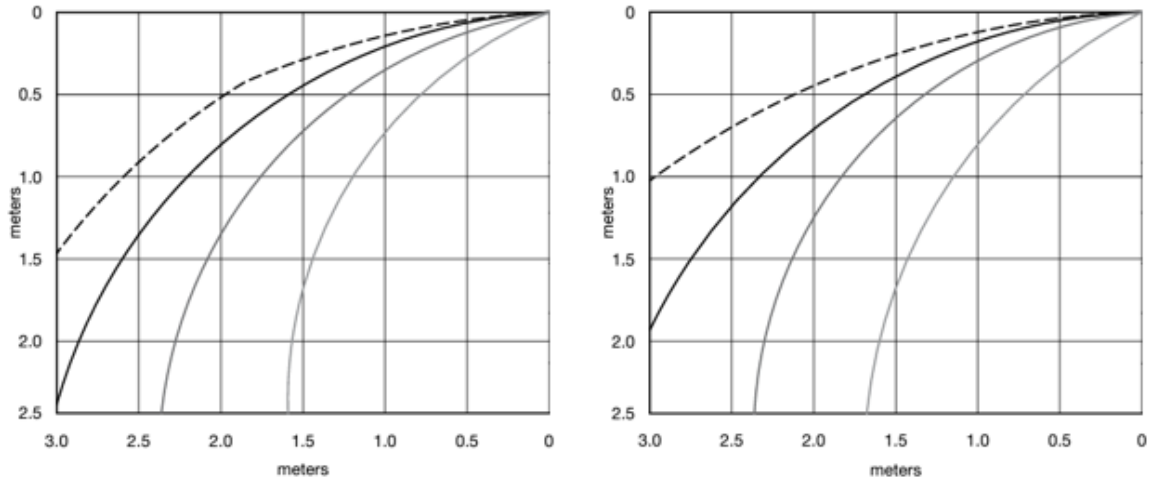


Figura 30 - Padrões de descarga de um sprinkler K115 a 0,5 bar e 80 l/min (esquerda) e 2,1 bar a 170 l/min (direita), para um modelo TY-FRL, adaptado de *[59]*

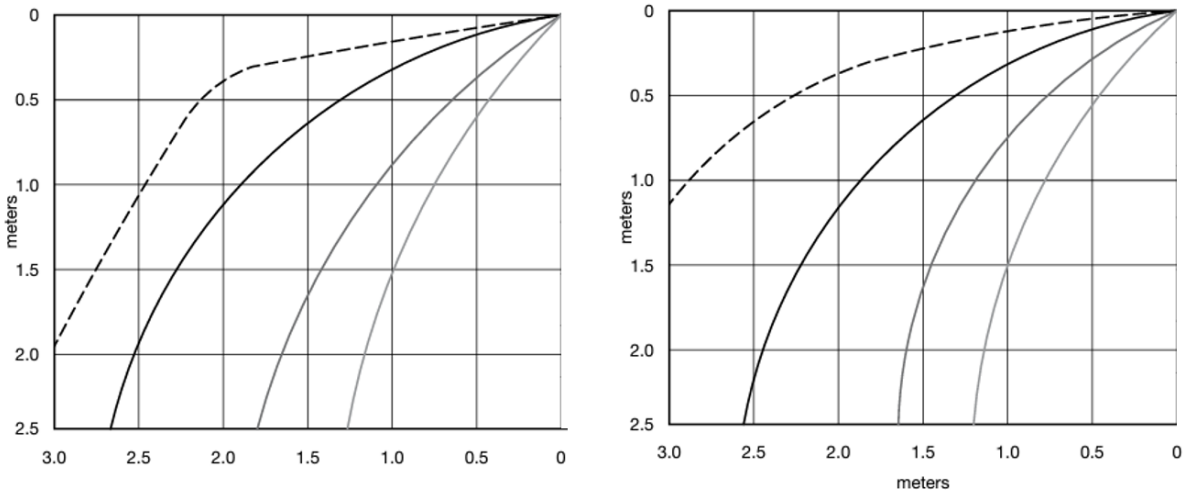


Figura 31 - Padrões de descarga de um sprinkler K360 a 0,5 bar e 251,0 l/min (esquerda) e 2,1 bar a 518,6 l/min (direita), para um modelo ESFR 25, adaptado de *[59]*

3.3.2.5. CONDIÇÃO DE INSTALAÇÃO

Os sprinklers são também classificados de acordo com a posição de instalação, Figura 32:

- **Pendentes:** os mais comuns, normalmente inseridos ao nível do teto. São instalados verticalmente, a uma cota ligeiramente inferior, de forma a que o defletor se encontre num plano paralelo ao da cobertura. Os seus padrões de descarga são muito próprios como se pode observar nas imagens do subcapítulo anterior. Em foco de análise nesta dissertação;

- **De Parede:** são instalados em paredes, fazendo um ângulo de 90º com o plano de referência, o solo. O padrão de descarga corresponde a um quarto de esfera;
- **Montantes:** são instalados verticalmente a uma cota ligeiramente superior e direcionados para cima, de forma a que o defletor se encontre num plano paralelo ao do solo. O padrão de descarga é muito característico e algo semelhante aos pendentes.



Figura 32 - Sprinklers classificados segundo a posição de instalação *[55]*

3.3.2.6. ÁREA DE COBERTURA

Dentro dos sprinklers convencionais para aplicação montante ou pendente, existem 2 tipos referentes às áreas de cobertura:

- **Cobertura normal:** não existe desenho especial de defletor. É o tipo de cobertura mais usual. São instalados de acordo com especificações de limitação a áreas de cobertura;
- **Cobertura alargada:** têm uma área de atuação muito superior aos sprinklers normais. Reduz a quantidade de aspersores a serem colocados e podem contribuir para um menor custo. No entanto não são vulgarmente utilizados, por criarem necessidades de aumento de pressão na rede, o que aumenta os custos de instalação e manutenção. O mesmo acontece com as necessidades de caudal.

3.3.2.7. CONDIÇÕES ESPECIAIS DE USO

Existem alguns tipos de sprinklers que são fabricados especificamente para condições muito especiais. Listam-se os seguintes:

- **Sprinklers resistentes à corrosão:** são fabricados com materiais próprios resistentes à corrosão como aço inoxidável, titânio e bronze marítimo, ou cobertos por produtos especiais, com o objetivo de serem protegidos em ambientes muito corrosivos, como plataformas petrolíferas;
- **Sprinklers secos:** são fabricados e projetados para que o troço de tubo desde a rede até ao orifício de saída de água esteja sempre seco. São instalados em zonas sujeitas a congelação;
- **Sprinklers para níveis intermédios para armazenagem com estantes:** muito utilizados na indústria. Como o nome indica, são fabricados para serem instalados nos níveis intermédios das estantes ou prateleiras de um armazém. Dispõem de uma proteção que evita que a descarga de água proveniente de níveis superiores retarde a sua resposta por arrefecimento do elemento

termossensível. Os ESFR acabam por evitar o uso destes sprinklers por serem capazes de depositar grandes caudais de água, normalmente escolhidos para alturas de armazenamento superiores a 3,5 m. O vídeo correspondente à referência [58] demonstra um teste em armazenamento em altura com ESFR;

- **Sprinklers abertos:** Não possuem elemento termossensível. Quando ativados operam em simultâneo e depositam grandes quantidades de água. São instalados em zonas muito específicas de risco acrescido;
- **CMDA:** Controlo de Modo de Dilúvio de Supressão é focado em suprimir incêndios rapidamente em áreas específicas;
- **CMSA:** Controlo de Modo de Supressão de Área de Cobertura proporciona cobertura ampla, ideal para proteger grandes áreas com cargas de incêndio elevadas;
- **ESFR:** Resposta Rápida de Supressão Precoce ou *Early Supression Fast Response* são um tipo de sistema de sprinklers projetado para suprimir incêndios rapidamente, descarregando um grande volume de água diretamente no fogo para resfriá-lo e impedir a propagação do incêndio

3.3.3. SISTEMAS DE SPRINKLERS: ELEMENTOS PRINCIPAIS, TIPOS DE REDE

Segundo a NP EN 12845 [1], um sistema de sprinklers consiste no abastecimento de água (ou abastecimentos) e de uma ou mais instalações de sprinklers; cada instalação é constituída por um posto de controlo e por uma rede de tubagens dotada de sprinklers. Os sprinklers são instalados em locais especificados do teto ou cobertura e, quando necessário, entre estantes, por baixo de prateleiras e em fornos. Os elementos principais de uma instalação genérica são indicados na Figura 33.

Apenas os sprinklers na proximidade de um incêndio, ie, os que são sujeitos a temperatura suficientemente alta, são acionados.

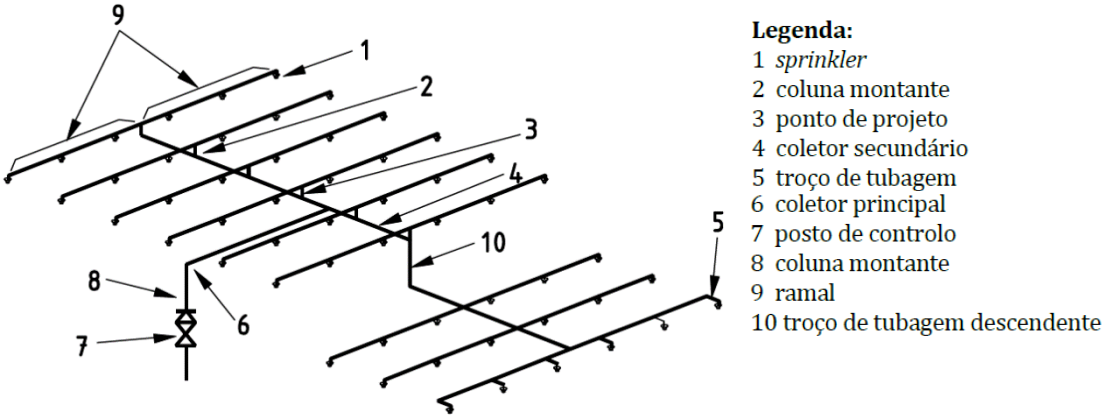


Figura 33 - Elementos principais de uma instalação de sprinklers, NP EN 12845 [1]

A NFPA 13 define 3 tipos de traçados de redes de sprinklers, tal como indicado na Figura 34. Na rede em árvore a água tem apenas 1 sentido de circulação, nas restantes opções existem vários caminhos de circulação.

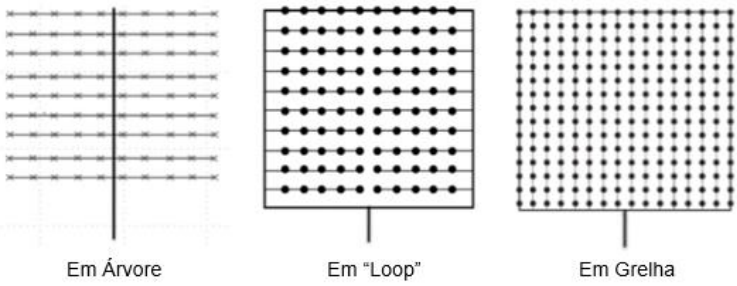


Figura 34 - Tipos de traçado de redes de sprinklers, [68]

Existe também uma configuração denominada por pente, muito utilizada em palas, como é o caso da pala exterior de um grande armazém, Figura 35. Assemelha-se a uma metade de rede em árvore. A água tem apenas 1 sentido de circulação.



Figura 35 - Rede de sprinklers em pente instalada numa pala exterior de um grande armazém, f*otografia da autora*

Grande parte dos projetos a que se teve acesso, em meio comercial, tratam edifícios industriais de grandes dimensões, sempre remetendo à 3.ª e 4.ª CR. Salvo raras exceções, o traçado de rede adotado e instalado é um pouco diferente das categorizações acima referidas.

É um traçado semelhante em grelha. A alimentação faz um ângulo de 90º com as linhas horizontais dos ramais ao longo de uma lateral. Na lateral oposta é colocado um coletor, tal como se pode observar na Figura 36.



Figura 36 - Coletor lateral de um sistema de sprinkler de armazém, *fotografia da autora*

Esta solução tem várias vantagens, nomeadamente o equilíbrio de pressões na rede introduzido pelo coletor, reduzindo assim excesso de pressões nos sprinklers e menor desgaste da rede.

Em edifícios destas dimensões, a maioria dos projetos são executados com recurso a programas de cálculo bastante complexos, nomeadamente o AutoSPRINK. Este tipo de ferramentas permitem fazer análises 3D e análises dinâmicas das redes e layouts, pelo que é muito intuitivo, por parte dos projetistas, adotar redes para a configuração referida na Figura 36.

3.3.4. CONDICIONANTES DO EDIFÍCIO E ATIVIDADES

Os elementos relevantes à caracterização do edifício e que se refletem em exigências no dimensionamento dos sprinklers são bastante convergentes em conceito. Nos quadros seguintes procura-se sintetizar alguns dos elementos presentes nos vários sistemas normativos. No Quadro 21 comparam-se alguns dos requisitos principais para as condições de uso e atividade nos edifícios. O Quadro 22 completa o exposto no anterior no que se refere às alturas de armazenamento permitidas para a norma europeia, exemplificando a ligação a critérios de dimensionamento de redes de sprinklers, que no caso são limitadas conforme a localização do sprinkler, de teto ou em estantes intermédias.

Quadro 21 - Comparação de exigências para as condições do edifício e atividade, quadro da autora

Tema	Reg. Nacional	Normas europeia	NFPA	FM Global
Altura do edifício	Só faz referência a altura superior e inferior a 9 m, sem requisitos	-	ESFR: 13,7 m, exceto plásticos expandidos cuja altura máxima é de 9,8 m CMSA: 12,1 m	Altura máxima: 13,5 m, exceto plásticos expandidos e não expandidos cuja altura máxima é de 12 m
Altura de armazenamento	-	Surge em função da classificação de risco e configuração em armazenamento, exemplos: Quadro 22 eQuadro *22* - Critérios de projeto para HHS com proteção só no teto ou na cobertura, EN 12845, Quadro 4 Quadro 23	RO1 ≤ 2,4 m RO2 ≤ 3,7 m Restantes CR em função do método de dimensionamento e tipo de sprinkler (ver Nota 1)	-
Clearence (distância entre a parte	-	≤ 4 m, exceto para configuração ST4 e ST5. Caso contrário, instalar	Distância mínima até ao defletor: 457 mm CMSA, ESFR e pneumáticos: 900 mm	Distância até ao defletor: 0,9 m

Tema	Reg. Nacional	Normas europeia	NFPA	FM Global
superior do armazenamento e teto)		sprinklers intermédios. Distância mínima até ao defletor: - Risco Ligeiro e Ordinário: 0,3 m para sprinklers de pulverização plana e 0,5 m para restantes casos; - Risco extra: 1,0 m	Em sprinklers intermédios: 157 mm entre defletor e ponto alto do armazenamento	Sprinklers intermédios: 150 mm Até 6 m: suplementar com nível adicional de sprinklers na parte mais alta da carga armazenada >6 m instalar teto falso não combustível com sprinklers intermédios de acordo com a DS 8-9
Tamanho das cargas	-	Nível de sprinklers a cada 3,5 m de altura de armazenamento	Altura de cada unidade de carga entre 0,46 e 3,05 m. Entre níveis de sprinklers pode haver entre 1 a 7 unidades de carga Para	-
Método de armazenamento	-	Quadro 20	Estantes paletizadas em Open Array e Open Rack	
Temperatura ambiente	-	Sistemas húmidos: onde não haja perigo de congelação nem de temperatura ambiente superior a 70 ºC; Sistemas secos: consoante considerações do volume de água abaixo do posto de controlo	Sistemas secos/de pressão: temperaturas < 4ºC; Também seguem exigências de volume à semelhança da EN 12845	Sistemas húmidos para temperaturas entre os 4 ºC e os 95 ºC; Abaixo dos -7ºC deve usar-se sistema próprio de congelação; Sistemas com soluções anti-congelantes são aceitáveis acima dos -4ºC, ou

Tema	Reg. Nacional	Normas europeia	NFPA	FM Global
				soluções com a aprovação da FM Global.
Nota 1: Para obter estes dados é necessário percorrer a NFPA 13 conforme a classificação de risco de armazenamento, o tipo de armazenamento, tipo de redes e sprinklers etc. A informação é meticulosamente detalhada e poderá ser consultada na NFPA 13 conforme o caso. Estas informações estão expostas essencialmente entre os capítulos 20 e 26.				

Quadro 22 - Critérios de projeto para HHS com proteção só no teto ou na cobertura, EN 12845, Quadro 4

Configuração em Armaz.	**Altura máxima de armazenamento m**				**Densidade de projeto**	**Área de Operação (Sistema húmido ou pré-ação, ver Nota)**
	Categoria I	**Categoria II**	**Categoria III**	**Categoria IV**	**mm/min**	**m^2**
ST1 livre ou em blocos	5,3 6,5 7,6	4,1 5,0 5,9 6,7 7,5	2,9 3,5 4,1 4,7 5,2	1,6 2,0 2,3 2,7 3,0	7,5 10,0 12,5 15,0 17,5	260
			5,7 6,3 6,7 7,2	3,3 3,6 3,8 4,1 4,4	20,0 22,5 25,0 27,5 30,0	300
ST2 paletes autoportantes em filas individuais	4,7 5,7 6,8	3,4 4,2 5,0 5,6 6,0	2,2 2,6 3,2 3,7 4,1	1,6 2,0 2,3 2,7 3,0	7,5 10,0 12,5 15,0 17,5	260
ST4 Estantes para paletes			4,4 4,8 5,3 5,6 6,0	3,3 3,6 3,8 4,1 4,4	20,0 22,5 25,0 27,5 30,0	300
ST3 paletes autoportantes em filas múltiplas ST5 e ST6	4,7 5,7	3,4 4,2 5,0	2,2 2,6 3,2	1,6 2,0 2,3 2,7 3,0	7,5 10,0 12,5 15,0 17,5	260

Configuração em Armaz.	Altura máxima de armazenamento m				Densidade de projeto	Área de Operação (Sistema húmido ou pré-ação, ver Nota)
	Categoria I	Categoria II	Categoria III	Categoria IV	mm/min	m^2
Prateleiras maciças ou em grelha						

Nota: Os sistemas secos e alternados devem ser evitados em armazenamento de risco elevado, especialmente com os produtos de maior combustibilidade (as categorias superiores) e armazenamento de maior altura. Se, contudo, for necessário instalar um sistema seco ou alternado, a área de operação deverá ser aumentada em 25 %.

Quadro 23 - Critérios de projeto para sprinklers de teto ou de cobertura com sprinklers intermédios em estantes, EN 12845 [1]

Configuração em Armazenamento	Altura de armazenamento máxima permitida acima do nível mais alto da proteção intermédia nas estantes (ver Nota 1) m				Densidade de projeto	Área de Operação (Sistema húmido ou pré-ação, ver Nota 2)
	Categoria I	Categoria II	Categoria III	Categoria IV	mm/min	m^2
ST4 Estantes para paletes	3,5	3,4	2,2 2,6 3,2 3,5	1,6 2,0 2,3 2,7	7,5 10,0 12,5 15,0	260

Configuração em Armazenamento	Altura de armazenamento máxima permitida acima do nível mais alto da proteção intermédia nas estantes (ver Nota 1) m				Densidade de projeto	Área de Operação (Sistema húmido ou pré-ação, ver Nota 2)
	Categoria I	Categoria II	Categoria III	Categoria IV	mm/min	m^2
ST5 e ST6 Prateleiras maciças ou de grelha	3,5	3,4	2,2 2,6 3,2	1,6 2,0 2,3 2,7	7,5 10,0 12,5 15,0	260

Nota 1: A distância vertical entre o nível mais alto dos *sprinklers* intermédios e o topo do armazenamento.
Nota 2: Os sistemas secos e alternados devem ser evitados em armazenamento de risco elevado, especialmente com os produtos de maior combustibilidade (as categorias superiores) e armazenamento de maior altura. Se, contudo, for necessário instalar um sistema seco ou alternado, a área de operação deverá ser aumentada em 25 %.

A NFPA 13 e a DS 2-0 da FM Global fazem ainda uma distinção bastante complexa sobre construção obstruída e não obstruída. De uma forma sintetizada, uma construção com obstruções tem membros estruturais no teto (vigas) que estão dispostas de tal modo que dificultam a distribuição de água ou impedem a distribuição homogénea de calor, o que afeta a eficácia do sistema de sprinklers.

Estes dois referenciais criam também limitações para a pendente da cobertura para zonas de armazenamento. Pela NFPA 13 caso se ultrapasse os 16,7% (9,5 º) será necessário instalar um teto falso. Já a FM Global, na DS 2-0 coloca o limite nos 10º.

O regulamento português estabelece obrigatoriedade de uso de sprinklers para a 3.ª e 4.ª CR's.

3.3.5. GENERALIDADES DE DIMENSIONAMENTO

Esta secção é dedicada a generalidades de dimensionamento dos SAEI-água e aos aspetos mais relevantes a ter em consideração.

A análise regulamentar neste tema é feita de um ponto de vista orientador procurando sintetizar a localização dos conteúdos relevantes ao tema, mais propriamente à proteção contra incêndio em zonas de armazenamento, dando vários exemplos de requisitos importantes. A exposição total dos critérios de projeto não é objetivo desta dissertação.

3.3.5.1. MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO GERAIS

Existem três métodos principais utilizados para o dimensionamento desses sistemas: modo densidade-área, aplicação específica e modo de supressão. Cada método é adequado para diferentes cenários e objetivos de proteção contra incêndios.

- **Modo Densidade-Áre**a: Este método é o mais tradicional e baseia-se na determinação de uma densidade de descarga de água (em mm/min) necessária sobre uma área predefinida (em m²). A densidade requerida e a área de operação são determinadas com base no tipo de ocupação, carga de incêndio e outros fatores de risco. Esse método é amplamente utilizado em armazéns, instalações industriais e comerciais, onde a distribuição da carga de incêndio é relativamente uniforme;
- **Aplicação Específic**a: Desenvolvido para proteger riscos específicos que não podem ser adequadamente abordados pelo método densidade-área, este método leva em consideração as características únicas de certos tipos de incêndios ou riscos. Por exemplo, a proteção de estantes de armazenamento em altura, onde a configuração das estantes podem impedir a penetração adequada da água se apenas os critérios de densidade-área fossem utilizados. O dimensionamento baseia-se em testes específicos e diretrizes detalhadas para cada tipo de risco;
- **Modo de Supressão:** Este método é relativamente mais recente e foca-se na supressão completa do incêndio, não apenas no controle até à chegada do corpo de bombeiros. Requer uma descarga de água mais agressiva e é frequentemente utilizado em situações onde a carga de incêndio é muito alta ou em riscos especiais, como em plataformas petrolíferas ou instalações que armazenam líquidos inflamáveis e materiais muito combustíveis. O objetivo é extinguir o incêndio rapidamente, minimizando danos e permitindo uma evacuação mais segura.

Cada um desses métodos requer uma abordagem cuidadosa no dimensionamento e implementação, considerando os requisitos específicos de desempenho do sistema de sprinklers, a natureza do risco de incêndio, e os objetivos de proteção.

3.3.5.2. REGULAMENTAÇÃO PORTUGUESA

Para realizar o dimensionamento de sprinklers em Portugal, utiliza-se como base a Nota Técnica n.º 16 [55] do RT-SCIE [28]. Os projetistas podem adotar a norma portuguesa NP EN 12845 [1] ou outros referenciais normativos internacionais como a NFPA 13 [2]. A escolha do referencial a aplicar é influenciada por requisitos legais, especificações técnicas, expectativas do cliente, e, frequentemente, pelas exigências das seguradoras.

A regulamentação portuguesa, através do RT-SCIE [29], estabelece a obrigatoriedade e os requisitos gerais para os sistemas de extinção de incêndios por água, mas pode ser considerada genérica em relação aos detalhes técnicos de dimensionamento. Isto pode levar à preferência por normas mais detalhadas e amplamente reconhecidas, como a NP EN 12845 [1] ou NFPA 13 [2].

A escolha do tipo de sprinkler e do fator K segue as tabelas e diretrizes detalhadas destas normas, que consideram vários fatores como a classificação de risco do local, a densidade de descarga necessária, o tipo de ocupação do edifício, e condições ambientais específicas. A utilização de normas reconhecidas também pode influenciar as condições de seguro oferecidas pelas seguradoras, levando a uma redução nos prémios de seguro quando normas reconhecidas são aplicadas.

Os critérios de dimensionamento específicos e relevantes nesta dissertação, resumem-se ao Quadro 24.

Quadro 24 - Critérios de dimensionamento de SAEI-água *[28]*

Utilização-tipo	Densidade de descarga (l/min/m²)	Área de Operação (m²)	Nº de aspersores em funcionamento simultâneo	Calibre dos aspersores (mm)	Tempo de descarga
XII	10	260	29	20	90

Fixa ainda a temperatura de ação dos aspersores para os 68ºC.

Dado este contexto, a crítica frequentemente apontada à regulamentação portuguesa é que, por si só, não fornece orientações suficientemente detalhadas para o dimensionamento e conceção de sistemas específicos de proteção contra incêndios, especialmente em instalações complexas ou de alto risco. Como resultado, os profissionais da área tendem a recorrer a normas adicionais que oferecem um nível de detalhe e uma aceitação internacional que a regulamentação local não proporciona.

3.3.5.3. NP EN 12845

Para o dimensionamento de sprinklers em zonas de armazenamento, a norma NP EN 12845 [1] especifica critérios detalhados nas seguintes seções e anexos:

- **Secção 7 - Critérios de projeto hidráulico:** concentra-se nos critérios de projeto hidráulico para sistemas de sprinklers. Esta seção detalha como calcular o volume de água necessária para diferentes tipos de ocupação e riscos de incêndio. Abrange aspetos como a densidade de descarga de água necessária (quantidade de água distribuída por área e por tempo), a área de operação dos sprinklers (a área efetivamente coberta por água de um sprinkler ou grupo de sprinklers), e especificações para diferentes classes de risco (LH, OH, HHP, e HHS). O objetivo é assegurar que o sistema de sprinklers seja capaz de fornecer água suficiente para suprimir ou controlar um incêndio, com base nas características específicas do local protegido;

Quadro 25 - Critérios de projeto para classes LH, OH e HHP, NP EN 12845 [1]

Classe de Risco	Densidade de descarga (mm/min)	Área de Operação (m²)	
		Húmido ou de pré-ação	Seco ou alternado
LH	2,25	84	Não permitido Usar OH1
OH1	5	72	90
OH2	5	144	180
OH3	5	216	270
OH4	5	360	Não permitido Usar HHP1
HHP1	7,5	260	325

Classe de Risco	Densidade de descarga (mm/min)	Área de Operação (m^2)	
		Húmido ou de pré-ação	Seco ou alternado
HHP1	10	260	325
HHP3	12,5	260	325
HHP4	Dilúvio (ver NOTA)		

Nota: Necessita de análise especial. Os sistemas de dilúvio não são abrangidos pela presente norma.

- **Subsecção 7.2:** especificamente aborda armazenamentos de risco elevado (HHS), enfatizando a proteção baseada no tipo de mercadoria, embalagem, e configuração de armazenamento;
- **Subsecções 7.2.2 e 7.2.2.2:** fornecem diretrizes sobre a limitação à altura de armazenamento e como isso afeta a densidade de descarga e a área de operação;

Quadro 26 - Densidades de projeto para armazenamento com sprinklers no teto, NP EN 12845 [1]

Armazenamento	Altura máxima de armazenamento				Densidade de descarga	Área de operação (Sistema húmido ou pré-ação) (Ver Nota)
	Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3	Cat. 4	Mm/min	m^2
ST1	5,3	4,1	2,9	1,6	7,5	200
	6,5	5,0	3,5	2,0	10,0	
	7,6	5,9	4,1	2,3	12,5	
		6,7	4,7	2,7	15,0	
		7,5	5,2	3,0	17,5	
		5,7	3,3	3,3	20,0	300
		6,3	3,6	3,6	22,5	
		6,7	3,8	3,8	25,0	
		7,2	4,1	4,1	27,5	
			4,4	4,4	30,0	
ST2 e ST4	4,7	3,4	2,2	1,6	7,5	260
	5,7	4,2	2,6	2,0	10,0	
	6,8	5,0	3,2	2,3	12,5	
		5,6	3,7	2,7	15,0	

Armazenamento	Altura máxima de armazenamento				Densidade de descarga Mm/min	Área de operação (Sistema húmido ou pré-ação) (Ver Nota) m²
	Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3	Cat. 4		
		6,0	4,1	3,0	17,5	
			4,4	3,3	20,0	
			4,7	3,6	22,5	
			5,3	3,8	25,0	300
			5,7	4,1	27,5	
			6,0	4,4	30,0	
	4,7	3,4	2,2	1,6	7,5	
	5,7	4,2	2,6	2,0	10,0	
ST3, ST5 e ST6		5,0	3,2	2,3	12,5	260
				2,7	15,0	
				3,0	17,5	
NOTA: Os sistemas secos e alternados devem ser evitados em armazenamento de risco elevado, especialmente com os produtos de maior combustibilidade (as categorias superiores) e armazenamento de maior altura. Se, contudo, for necessário instalar um sistema seco ou alternado, a área de operação deverá ser aumentada em 25 %.						

- **Subsecção 7.2.3:** discute a instalação de sprinklers de nível intermédio em estantes, crucial para armazenagens altas;

Quadro 27 - Critérios de projeto para sprinklers de teto ou de cobertura com sprinklers intermédios em estantes, NP EN 12845 [1]

Armazenamento	Altura de armazenamento máxima permitida acima do nível mais alto da proteção intermédia nas estantes (ver NOTA 1)				Densidade de descarga mm/min	Área de operação (Sistema húmido ou pré-ação) (Ver Nota 2) m²
	Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3	Cat. 4		
	3,5	3,4	2,2	1,6	7,5	
			2,6	2,0	10,0	
ST4			3,2	2,3	12,5	260
			3,5	2,7	15,0	

Armazenamento	Altura de armazenamento máxima permitida acima do nível mais alto da proteção intermédia nas estantes (ver NOTA 1)				Densidade de descarga mm/min	Área de operação (Sistema húmido ou pré-ação) (Ver Nota 2) m²
	Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3	Cat. 4		
ST5 E ST6	3,5	3,4	2,2	1,6	7,5	260
			2,6	2,0	10,0	
			3,2	2,3	12,5	
				2,7	15,0	

NOTA 1: A distância vertical entre o nível mais alto dos sprinklers intermédios e o topo do armazenamento

NOTA 2: Os sistemas secos e alternados devem ser evitados em armazenamento de risco elevado, especialmente com os produtos de maior combustibilidade (as categorias superiores) e armazenamento de maior altura. Se, contudo, for necessário instalar um sistema seco ou alternado, a área de operação deverá ser aumentada em 25 %.

- **Secção 12 – Espaçamento e localização dos sprinklers:** determina todas as regras de espaçamento e localização que podem ser consultadas ao longo da secção. Em critérios gerais, cria para zonas de armazenamento uma limitação de espaço livre de 1 metro abaixo dos defletores e as seguintes características de cobertura e espaçamento:

Quadro 28 - Área de cobertura e espaçamento máximos para sprinklers que não sprinklers, NP EN 12845 *[1]*

Classe de Risco	Área máxima por sprinkler m²	Distâncias máximas conforme Figura 37		
		Configuração standard	Configuração intercalada	
		S e D	S	D
HHP e HHS	9,0	3,7	3,7	3,7

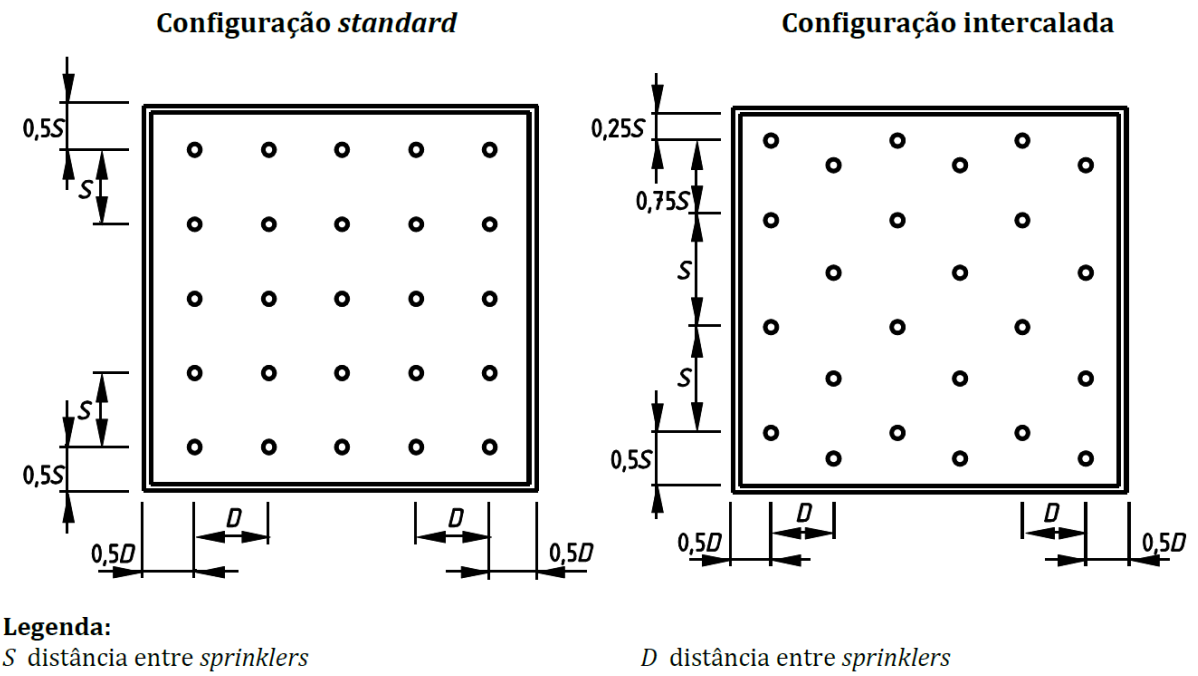


Figura 37 - Espaçamento de sprinklers de teto, EN 12845 *[1]*

Estabelece-se ainda a distância máxima dos sprinklers a paredes e divisórias que deve ser o menor valor apropriado dos seguintes:

- 2,0 m para espaçamento normal;
- 2,3 m para espaçamento intercalado;
- 1,5 m quando as vigas do teto estejam expostas ou sobressaiam por baixo do teto;
- 1,5 m da fachada aberta de edifícios abertos;
- 1,5 m quando as paredes externas sejam de material combustível;
- 1,5 m quando as paredes externas sejam de metal, com ou sem revestimentos combustíveis ou materiais de isolamento;
- Metade da distância máxima indicada nos Quadros 19 e 20 da norma.

As limitações relativamente a distâncias encontram-se no desenvolvimento da secção 12 da norma.

- **Seção 14 – Características de projeto e utilizações de Sprinklers: e**sta seção foca-se na escolha do tipo apropriado de sprinkler (como sprinklers convencionais, ESFR, etc.), os seus métodos de instalação, e como esses fatores se relacionam com os diferentes riscos de incêndio e tipos de ocupação. Aqui, são consideradas as especificidades de cada tipo de sprinkler, como a sua capacidade de descarga, padrão de distribuição da água, e sensibilidade térmica, adequando-os às necessidades específicas de proteção contra incêndio do ambiente em questão;

Quadro 29 - Tipos de sprinklers e fatores K para as várias classes de risco NP EN 12845 *[1]*

Classe de Risco	Densidade de descarga (mm/min)	Tipo de sprinkler	Fator K nominal
LH	2,25	Convencional, pulverizador,	57
OH	5,0	Convencional, pulverizador,	80 ou 115
***Sprinklers* de teto ou de cobertura para classes de risco HHP e HHS**	≤ 10	Convencional, pulverizador	80, 115 ou 160
	> 10	Convencional, pulverizador	115 ou 160

Quadro 30 - Temperaturas de resposta para sprinklers, NP EN 12845 *[1]*

Cenário	Temperatura de resposta dos sprinklers
Todos	≥ 30˚C < temperatura máxima expectável
Espaços confinados, não ventilados, sob claraboias ou tetos envidraçados, etc	< 93˚C ou 100˚C

Quadro 31 - Sensibilidade térmica do sprinkler, NP EN 12845 *[1]*

Sensibilidade Térmica	Em estantes	Teto acima de armazenagem em estantes	Sistemas secos de pré-ação Tipo A	Todos os outros
Standard "A"	Não	Sim	Sim	Sim
Especial	Não	Sim	Sim	Sim
Resposta rápida	Sim	Sim	Não	Sim
NOTA: Quando são adicionados novos sprinklers a uma instalação existente, pode ser necessário ter em consideração o resultado das diferenças de sensibilidade de resposta, por forma a evitar atuações intempestivas.				

- **Anexo P - Proteção por sprinkler ESFR**: é essencial para o dimensionamento de sistemas destinados a riscos de armazenagem. Este anexo normativo estabelece requisitos específicos para o projeto, tal como distâncias máximas e instalação de sistemas de sprinklers ESFR,

abordando desde o âmbito de aplicação até recomendações detalhadas para garantir a eficácia da supressão de incêndios em armazéns e áreas similares

3.3.5.4. NFPA 13

Pela NFPA 13 [2], as partes relevantes e contexto de edifícios industriais com foco em zonas de armazenamento são as seguintes:

- **Capítulo 4 — *General Requirements*:** Estabelece os fundamentos do projeto e instalação de sistemas de sprinklers, incluindo a identificação e proteção de áreas de risco dentro de edifícios industriais;
- **Capítulo 5 — *Water Supplies*:** Detalha os requisitos de abastecimento de água necessários para sistemas industriais, que frequentemente requerem um volume e pressão maiores devido ao tamanho e à natureza do risco;
- **Capítulo 9 — *Sprinkler Location Requirements*:** Define todas as regras para espaçamentos e localização de sprinklers;
- **Capítulo 12 — *Installation Requirements for Residential Sprinklers*:** Embora se refira a sistemas residenciais, este capítulo pode ser relevante para zonas de alojamento dentro de complexos industriais;
- **Capítulo 16 — *Installation of Piping, Valves, and Appurtenances*:** Fornece informações sobre a instalação adequada da tubulação, um aspeto crítico em ambientes industriais onde há muitas interferências estruturais e mecânicas;
- **Capítulo 20 — *General Requirements for Storage*:** Oferece diretrizes específicas para sistemas de sprinklers em zonas de armazenamento, incluindo classificação do risco e a seleção de sprinklers adequados para mercadorias armazenadas;
- **Capítulo 21 — *Protection of High Piled Storage Using Control Mode Density Area (CMDA) Sprinklers*:** Aborda o dimensionamento de sistemas para armazenamento em altura, comum em armazéns industriais, de como é um exemplo o Quadro 32;

Quadro 32 - Racks simples ou duplos: armazenamento com altura superior a 6.7 m até 7.6 m, NFPA 13 *[2]*

Classe da commodity	Encapsulada	Sprinkler em racks obrigatório	Corredores (m)
I	Não	Não	1,2
			2,4
	Sim	Sim	1,2
			2,4
II	Não	Não	1,2
			2,4
	Sim	Sim	1,2

Classe da commodity	Encapsulada	Sprinkler em racks obrigatório	Corredores (m)
			2,4
III	Não	Não	1,2
			2,4
	Sim	Sim	1,2
			2,4
IV	Não	Sim	1,2
			2,4
	Sim	Sim	1,2
			2,4

- **Capítulo 22 — *CMSA Requirements for Storage Applications*:** Trata de sistemas de sprinklers CMSA que são usados para riscos específicos encontrados em aplicações de armazenamento. Na página 218 de 619 consta um quadro bastante extensivo intitulado de *CMSA Sprinkler Design for Palletized and Solid-Piled Storage of Class I trough Class IV Commodities (Encapsulated and Noncapsulated)* onde são estabelecidos os requisitos gerais tais como alturas máximas de armazenamento, fator K e sua orientação, tipo de sistema, número de sprinklers e pressões máximas de operação em função da classificação da commodity e sua configuração de armazenamento;
- **Capítulo 23 — *ESFR Requirements for Storage Applications*:** Detalha os requisitos para sistemas ESFR em armazenagens, os quais são frequentemente recomendados para instalações industriais modernas devido à sua eficiência em suprimir incêndios rapidamente. À semelhança do capítulo anterior, a partir da página 229 da norma, constam tabelas sequenciais com todos os requisitos de projeto para estes sistemas em função das classificações de commodities e configuração em armazenamento;
- **Capítulo 25 — *Protection of Rack Storage Using In-Rack Sprinklers*:** Importante para armazenamentos que utilizam prateleiras. As tabelas importantes situam-se a partir da página 238 do standard;
- **Capítulo 26 — *Special Designs of Storage Protection*:** Apresenta soluções de dimensionamento para situações de armazenamento que não se encaixam nas categorias padrão, algo comum em instalações industriais. A partir da página 368 do standard, estão expostas as tabelas resumo dos critérios de dimensionamento;
- **Anexo A –** Material explicativo: Contém um grande volume de informações, tabelas e figuras explicativas de conceitos e diretrizes abordadas no corpo do standard. É exemplo o Quadro 29:

Quadro 33 - Modo densidade/área para sprinklers em armazenamento interior sob pallets de madeira, NFPA 13 [2]

Tipo de sprinkler	Localização do armazenamento	Fator K nominal	Altura máxima de armazenamento		Altura máxima do teto		Densidade		Área de operação (horas)	
			ft	m	ft	m	Gpm/ft^2	mm/min	ft^2	m^2
Modo densidade/ área	No piso	8 (115) ou maior	<6	<1.8	20	6.1	0.2	8.2	3000*	280*
	No piso	11.2 (160) ou maior	<8	<2.4	30	9.1	0.45	18.3	2500	230
	No piso ou em racks sem prateleiras	11.2 (160) ou maior	8 a 12	2.4 a 3.7	30	9.1	0.6	24.5	3500	325
			12 a 20	3.7 a 6.1	30	9.1	0.6	24.5	4500	450
	No piso	16.8 (240) ou maior	<20	<6.1	30	9.1	0.6	24.5	2000	185

*A área de operação pode ser reduzida até 2000 ft^2(185 m^2) quando o sprinkler apresenta um fator K nominal de 11.2 (160) ou superior, ou se o sprinkler for de alta temperatura e fator K nominal de 8.0 (115).

3.3.5.5. FM GLOBAL

Dentro da análise dos requisitos de dimensionamento de redes de sprinklers em edifícios industriais, as Data Sheets relevantes da FM Global são as seguintes:

- **Data Sheet 2-0:** ***Installation Guidelines for Automatic Sprinklers***– Este documento oferece orientações gerais sobre a instalação de sprinklers automáticos, incluindo zonas de armazenamento, abrangendo aspetos como a classificação do risco, disposição dos sprinklers, tipos de sprinklers, e requisitos de instalação;
- **Data Sheet 3-26:** ***Sprinkler System Design for Nonstorage***– Especificamente voltado para sistemas de sprinklers usados em áreas sem armazenamento;
- **Data Sheet 8-9:** ***Storage of Class 1, 2, 3, 4 and Plastic Commodities*** – Este documento complementa o Data Sheet 3-26, fornecendo diretrizes adicionais para o armazenamento de mercadorias classificadas como Classe 1, 2, 3, 4 e plásticos;
- **Data Sheet 2-8:** ***Ceiling-Level Only Sprinkler Protection for Storage and Display Areas in Retail and Wholesale Stores*** – Embora mais específico, este documento também pode ser aplicável a certos tipos de instalações industriais que possuem áreas de armazenamento similares.

As *data sheets* são documentos com centenas de páginas, o que produz um grande número de critérios de projeto e dimensionamento. Reforça-se que estas exigências refletem a visão das seguradoras em que se procura extinguir qualquer incêndio o mais rapidamente possível em vez de executar uma proteção mínima preparada para aguardar a resposta dos bombeiros ou forças de emergência.

Optou-se por não fazer uma exposição ou síntese destes requisitos nesta secção do trabalho, por se tratar de informação volumosa que serve apenas para comparação e que não tem caráter legislativo.

No capítulo 4 será facilmente percetível, num caso de estudo, constatar as diferenças em resultados de cálculo.

3.4. INSTALAÇÃO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS EM COBERTURAS INDUSTRIAIS

Como já foi referido anteriormente, a regulamentação portuguesa ainda não possui regras e diretrizes para a instalação de painéis fotovoltaicos em coberturas, e como se pôde constatar, estes equipamentos podem causar danos muito perigosos.

A NFPA 70 [49], conhecida por "Código Elétrico Nacional", inclui requisitos de segurança para a instalação de sistemas fotovoltaicos, abordando aspetos como acesso a espaços de trabalho e passagem, marcação, conexões elétricas, e tipos de cabos a serem utilizados.

Na Europa, as normas para a instalação de painéis fotovoltaicos em coberturas são guiadas principalmente pelas normas EN 62446, que abrange os requisitos mínimos para a documentação, comissionamento, inspeção, teste e manutenção de sistemas fotovoltaicos para garantir a segurança e operação eficaz e a EN 50548 que fornece diretrizes específicas para conectores e acoplamentos usados em sistemas fotovoltaicos.

Em material disponível, destaca-se o trabalho das seguradoras que têm vindo a desenvolver documentação detalhada sobre esta matéria, de seguida analisados.

3.4.1. ALLIANZ

Recentemente algumas entidades têm vindo a publicar regras neste contexto, como é o caso da *Allianz Risk Consulting* que publicou recentemente um artigo na referência [60], que propõe vários critérios de instalação de painéis fotovoltaicos em coberturas industriais:

- **Geral**
    - **Preferência por Sistemas PV Montados no Solo**: Priorizar sistemas PV montados no solo sobre instalações em telhados;
    - **Evitar Instalação em Telhados Combustíveis:** Desencoraja-se a instalação de sistemas PV em edifícios com telhados combustíveis ou que contenham isolamento combustível;
    - **Conformidade com Códigos Elétricos:** As instalações devem seguir códigos elétricos aplicáveis, como o NFPA 70 (Código Elétrico Nacional) ou equivalentes internacionais;
- **Painéis Fotovoltaicos:**
    - **Uso de Módulos PV Aprovados:** Utilizar módulos PV que cumpram com padrões internacionais de desempenho elétrico e segurança, como IEC 61730 e ANSI/UL 1703, abordando a combustibilidade dos módulos;

- **Acesso dos Bombeiros:** Limitar o tamanho das instalações PV a 45m x 45m, com caminhos de no mínimo 1,2m de largura ao redor das instalações PV para acesso seguro dos bombeiros;

- **Cabos:**
  - **Cabos Adequados para Aplicações Externas:** Usar cabos PV resistentes a UV e à humidade, fixados e encaminhados em condutes metálicos fechados para minimizar o risco de arcos e pontos quentes;
- **Inversores:**
  - **Localização e Proteção dos Inversores:** Os inversores devem ser facilmente acessíveis, protegidos de condições climáticas adversas e preferencialmente localizados dentro de uma estrutura não combustível;
- **Desconexão:**
  - **Isolamento e Deteção de Arcos DC:** Fornecer um interruptor de desconexão DC para segurança adicional e considerar o uso de dispositivos de deteção e interrupção de arcos DC.
- **Resposta a Emergências:**
  - **Informação e Formação para Resposta a Emergências:** Informar e familiarizar o corpo de bombeiros local com a instalação PV e rótulos claros para rápida identificação em caso de emergência;
- **Manutenção e Inspeção:**
  - **Manutenção e Inspeção:** Instalar sistemas PV apenas por entidades qualificadas, com inspeções regulares por profissionais qualificados e inspeções termográficas anuais para identificar pontos quentes.

3.4.2. FM GLOBAL

A FM Global publicou uma nova versão a janeiro de 2024 da Data Sheet 1-15 intitulada por *"Roof-Mounted Solar Photovoltaic Panels"* [61]

De forma sintetizada, o standard apresenta a seguinte estrutura:

- **Escopo e Riscos:**
  - **Escopo:** Orientação para prevenção de perdas de propriedades relacionadas a incêndios e riscos naturais, instalação e manutenção de painéis solares fotovoltaicos em coberturas;
  - **Riscos Naturais:** Inclui ventos fortes, granizo, acumulação de neve e chuva, e terramotos. Faz também considerações sobre como esses riscos podem afetar adversamente os sistemas PV em coberturas;
  - **Exposição ao Fogo:** Discussão sobre como a exposição ao fogo, tanto do exterior quanto de fontes elétricas internas, pode danificar os painéis PV e componentes relacionados;

- **Recomendações:**
    - **Construção e Localização**
        - **Vento:** Diretrizes para o dimensionamento dos sistemas PV em relação à resistência ao vento, incluindo a escolha de painéis PV e sistemas de montagem aprovados pela FM, e recomendações específicas para a resistência ao vento baseada em testes de túnel de vento;
        - **Exposição ao Fogo e Classificação:** Recomendações para minimizar os riscos de fogo, incluindo a utilização de materiais não combustíveis e sistemas PV com classificações adequadas de resistência ao fogo;
        - **Cargas de Gravidade e Drenagem de Coberturas:** Considerações sobre o peso dos sistemas PV e o impacto na drenagem da cobertura;
        - **Granizo:** Uso de módulos PV com classificações de resistência ao granizo apropriadas para a região;
        - **Sismos:** Diretrizes para a ancoragem dos sistemas PV para resistir a movimentos laterais durante atividades sísmicas;
    - **Elétrica:** Instalação de sistemas de energia elétrica PV de acordo com códigos elétricos reconhecidos, provisão para expansão e contração devido a flutuações extremas de temperatura, e uso de painéis PV que atendam aos critérios de desempenho elétrico e segurança;
    - **Operação e Manutenção:** Verificação de danos ou manutenção necessária após eventos sísmicos ou climáticos severos, inspeção anual da vedação de penetrações no telhado para impermeabilização, e inspeção, teste e manutenção de rotina dos *arrays* PV e equipamentos relacionados por pessoal qualificado;
    - **Elemento Humano:** Planeamento prévio de combate a incêndios com o corpo de bombeiros, garantindo que estejam familiarizados com o acesso à cobertura, disposição dos *arrays* PV, localização de caixas de combinação e inversores, e todos os fusíveis e desconectores relacionados;
- **Suporte para Recomendações:** Detalhes técnicos sobre a operação básica dos sistemas PV, considerações de resistência ao vento, proteção contra incêndios e fontes de ignição elétrica, resistência a granizo, e considerações para instalações flexíveis de PV;
- **Apêndices:** Glossário de termos, histórico de revisão do documento, e um exemplo prático de problema relacionado a módulos PV em cobertura.

3.5. COMENTÁRIOS FINAIS

3.5.1. CLASSIFICAÇÃO DE RISCO

Em matéria de classificação de risco, as diferenças entre os referenciais normativos são bastante claras e marcadas. A regulamentação portuguesa apresenta uma estratégia bastante ampla que não reflete a diversidade de riscos em ambientes industriais mais complexos. Na fase de cálculo das densidades de carga de incêndio existe uma separação entre zonas de fabrico e armazenagem que são novamente unificadas na fase final do cálculo.

Relativamente a bens armazenados, em grande foco nesta dissertação, o regulamento não analisa as mercadorias. Em todos os outros referenciais normativos existe uma separação entre o material armazenado, a sua embalagem, o suporte e a configuração em armazenamento, que como foi constatado, são elementos que afetam a propagação do incêndio e a atuação dos SAEI. Pela regulamentação portuguesa, a análise é feita apenas pela carga de incêndio.

No que se refere a materiais de alta perigosidade como os plásticos ou materiais combustíveis, não existe uma clara distinção ou uma análise especial, ao contrário dos outros referenciais.

De forma geral, o método de classificação de risco do RT-SCIE [29], quando aplicado a edifícios industriais com especial foco nas zonas de armazenagem não reflete a diversidade de riscos nem a sua hierarquia. Deveria existir uma separação clara e um método de classificação de risco só para os bens armazenados em que se dê atenção ao conteúdo de plásticos, embalagem e configuração em armazenamento.

3.5.2. CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DE SPRINKLERS

A análise revela que os critérios e dimensionamento são quase escassos, pelo que é válido criticar o regulamento. Os critérios são prescritos de forma universal para toda a UT com recurso a uma linha de tabela, e independentemente da classificação de risco ou do tipo de produtos armazenados. Não existem regras de espaçamento nem de localização dos sprinklers.

A própria categoria de risco não tem influência nos critérios de dimensionamento, serve apenas para atribuir obrigatoriedade de instalação de SAEI na 3.ª e 4.ª CR's. Como resultado e aplicando os princípios, um edifício de baixa combustibilidade é dimensionado da mesma forma que um armazém de plásticos ou explosivos.

Todos os outros referenciais normativos apresentam critérios de dimensionamento em função das atividades dos edifícios, ocupações, combustibilidade dos materiais, classificação de risco aprofundada em armazenamento etc.

A ligação entre a classificação de risco e o dimensionamento de sprinklers é imprescindível em contexto de edifícios industriais. A abordagem universal do regulamento, não funciona quando aplicada a este tipo de utilização. É necessário criar uma abordagem de avaliação e análise mais precisa e principalmente direcionada para o armazenamento.

3.5.3. INSTALAÇÃO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Neste campo observa-se uma lacuna significativa no regulamento português, pois não existem diretrizes específicas. É imperativo criar este tipo de regras a curto prazo.

As diretrizes da FM Global e da Allianz poderão servir de base pois oferecem soluções concretas com documentos vocacionados para esta temática ao contrário das normas europeias em que é necessário percorrer documentos diferentes onde a informação está dispersa, idem para os standards da NFPA.

Seria interessante incluir uma secção dedicada a este tema no próprio RT-SCIE, ficando a informação localizada e de fácil acesso.

4

Análise de Casos de Estudo

4.1. INTRODUÇÃO

Esta secção da dissertação destina-se à citação de projetos de sistemas automáticos de extinção de incêndios, em edifícios industriais, com o objetivo de analisar as categorias de risco e soluções de dimensionamento nos vários referenciais normativos em estudo.

Os projetos foram retirados do livro da CEPREVEN na referência [3] e do manual do projetista da APTA na referência [62].

Pela análise do capítulo anterior, é claro que não é possível executar um dimensionamento de rede de sprinklers integral por exigências da regulamentação portuguesa. O caso de estudo analisado em 4.2. foi executado com o algoritmo de cálculo elaborado pela APTA onde são feitos ajustes à informação em falta com requisitos em conformidade com a EN 12845 [1] ou NFPA 13 [2]. O algoritmo de cálculo pode ser consultado nas páginas 13 e 14 do manual da APTA [62].

O caso de estudo em 4.3. é dimensionado em conformidade com a EN 12845 [1], NFPA 13 [2] e FM Global. O processo integral pode ser consultado na referência [3].

O capítulo tem como objetivo estabelecer nuances e principais diferenças de resultados de projeto pelos vários referenciais quando aplicados ao mesmo objeto, de forma a visualizar de forma prática as disposições expostas no Capítulo 3.

4.2. ARMAZÉM DE COMBUSTÍVEIS – PORTARIA N.º 135/2020 E NFPA 13

4.2.1. CARACTERÍSTICAS DO EDIFÍCIO E PROJETO SAEI - ÁGUA

Pelos dados fornecidos, trata-se de um armazém em pavilhão destinado ao armazenamento de combustíveis, com um único piso em espaço coberto e com carga de incêndio enquadrada na 3.ª ou 4.ª categorias de risco.

A Figura 38 exemplifica, simplificadamente, a configuração em planta do edifício e a Figura 39 representa o projeto de SAEI numa configuração isométrica. Os elementos de instalação estão codificados sequencialmente com letras e números, a partir do sprinkler mais afastado, S1, da fonte de alimentação F.A.

Foram tomadas algumas decisões de projeto com a imposição de perdas de carga dinâmica admissível nos ramais principais de 75kPa, imposição de velocidade de escoamento nos mesmos ramais de 4,5 m/s, cálculo de perdas de carga realizada com recurso à fórmula de Hazen & Williams, comprimentos dos

troços incrementados em 30 % para compensação das perdas de carga locais e desprezado o impacto de tubagem de aspiração.



Figura 38 - Representação em planta do armazém de combustíveis, sem escala

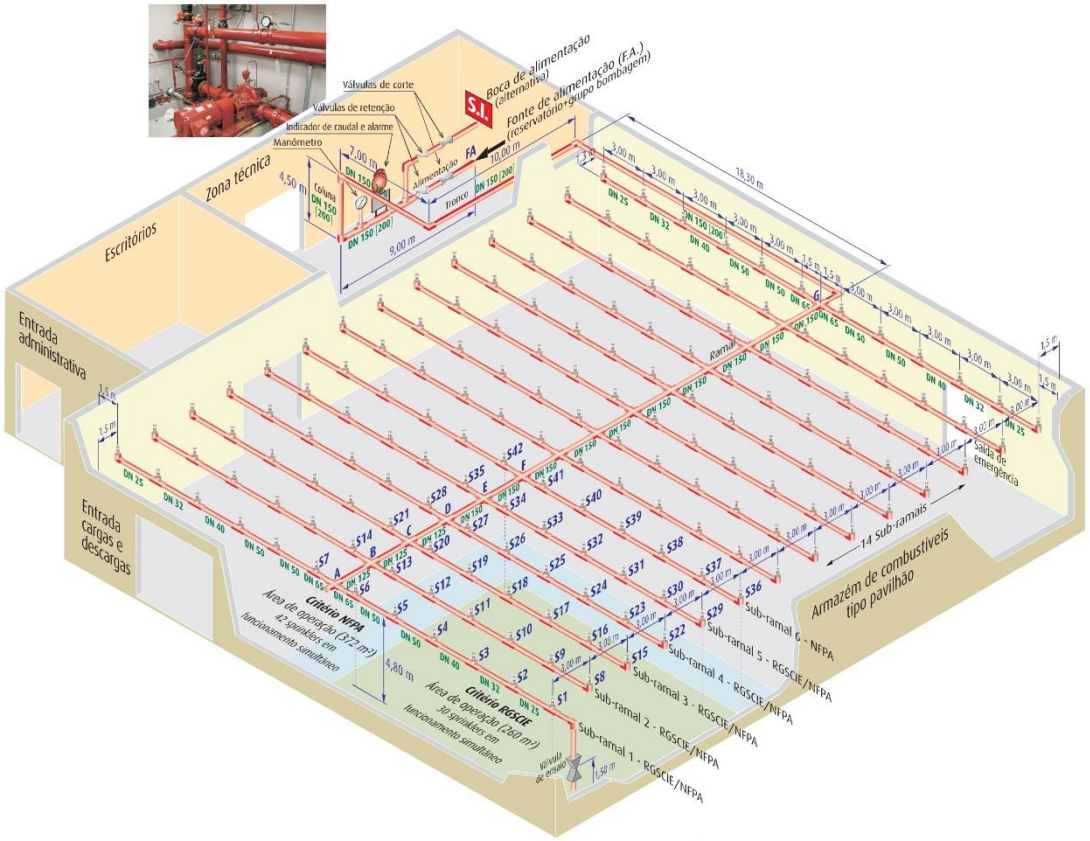


Figura 39 - Representação isométrica sem escala do projeto de SAEI, APTA [62]

O dimensionamento da rede e seus resultados encontram-se no Anexo A da dissertação.

Os critérios de cálculo utilizados estão sintetizados nos Quadros 34 a 37.

Quadro 34 - Critérios de dimensionamento RG-SCIE, [62]

Utilização-tipo	**Densidade de descarga** q_{unit} l/min.m^2	**Área de operação** A_0 m^2	**Nº de aspersores em funcionamento simultâneo** NS_{sim}	**Dimensão nominal dos aspersores DN**	**Tempo de descarga** min
XII	10	260	29	20	90

Quadro 35 - Características adicionais calculadas ou fixadas RG-SCIE, APTA [62]

Utilização-tipo	**Área de cobertura máx. por aspersor** $A_s = A_0/NS_{sim}$ m^2	**Caudal mínimo por aspersor/sprinkler** $Q_{min,S} = A_s * q_{unit}$ l/min	**Valores máximos de S e D**			
			Disposição dos aspersores	$S_{máx}$	$D_{máx}$	**S*D**
XII	9	90	Normal	3,7	3,7	9

$S_{máx}$ – Espaçamento máximo entre aspersores; **$D_{máx}$** – Afastamento máximo dos sub-ramais

Quadro 36 - Critérios de dimensionamento NFPA 13, APTA [62]

Classe de Risco	**Tipo de edifício**	**Área de operação** A_0 m^2	**Área de cobertura máx. por aspersor** A_s m^2	**Valores máximos de S e D**			
				Disposição dos aspersores	$S_{máx}$	$D_{máx}$	**S*D**
Graves – Grupo 1	Áreas com combustíveis, fábricas de tintas e diluentes, etc.	372	9	Normal	3,7	3,7	9

Quadro 37 - Características adicionais calculadas ou fixadas NFPA 13, APTA [62]

Nº de aspersores em funcionamento simultâneo NS_{sim}=A_0/A_s	**Densidade de descarga** q_{unit} l/min.m^2	**Caudal mínimo por aspersor/sprinkler** $Q_{min,S} = A_s * q_{unit}$ l/min
52	12,3	110,7

4.2.2. ANÁLISE DE RESULTADOS

Pelo dimensionamento que se encontra no Anexo A da dissertação, produziram-se vários resultados de cálculo que se encontram expostos no Quadro 38.

Quadro 38 - Resultados de dimensionamento do caso de estudo 4.1., APTA [62]

Característica	Critério RT-SCIE	Critério NFPA
Classificação de Risco	UT XII – 3.ª/4.ª CR	Graves – Grupo 1
Área de operação	260 m^2	372 m^2
Área de cobertura por sprinkler	9 m^2	9 m^2
Nº spinklers em funcionamento simultâneo	29	41
Caudal unitário por sprinkler	10,0 l/min. m^2	10,1 l/min. m^2
Fator de escoamento métrico	115 l/min.bar	115 l/min.bar
Caudal mínimo do sprinkler crítico	90,0 l/min	90,9 l/min
Pressão mínima do sprinkler crítico	61,2 kPa	62,5 kPa
Diâmetro interno médio da tubagem	62,1 mm	66,8 mm
Necessidade de pressão – Abastecimento	245,8 kPa	251 kPa
Necessidade de caudal - Abastecimento	3 385,8 l/min	4 941,9 l/min

Neste caso de estudo não existe muita informação sobre a mercadoria armazenada pelo que a análise se foca mais no cálculo da rede.

A classificação de risco indica uma equivalência na perceção do nível de risco, sendo que em ambos os casos se considera a zona como de alto risco.

O critério da NFPA permite uma maior área de operação o que se poderia refletir num dimensionamento mais económico relativamente ao número de sprinklers necessários.

As áreas de cobertura por sprinkler são idênticas em ambos os critérios, o que sugere um consenso sobre a eficácia da cobertura de um sprinkler individual. No entanto, o número de sprinklers em funcionamento simultâneo é significativamente maior no critério NFPA, indicando um sistema de supressão mais robusto capaz de lidar com um incêndio de forma mais eficaz ao ativar mais sprinklers simultaneamente.

As exigências de caudais e fatores de escoamento demonstram uma uniformidade na expectativa do desempenho de cada sprinkler individual por volume de água distribuído. A pressão mínima do sprinkler crítico e o diâmetro interno médio da tubagem são ligeiramente maiores no critério NFPA, o que sugere uma capacidade ligeiramente superior para o transporte de água sob este critério, possivelmente para compensar a maior área de operação.

Por fim, as necessidades de pressão e caudal para abastecimento são ambas maiores no critério NFPA refletindo os requisitos mais rigorosos do sistema de abastecimento e também para suportar o maior número de sprinklers.

Em síntese, o critério NFPA exige, sem dúvida, um sistema de sprinklers mais robusto o que é bastante coerente com a estratégia de dimensionamento que prioriza uma supressão de incêndio mais agressiva, o que é apropriado para um armazém onde o risco de incêndio é considerado muito grave.

Em teoria, o nível de exigência inferior do RT-SCIE vai traduzir-se em vantagens económicas com menores custos de tubagens e grupos de bombagem ao estabelecer necessidades de caudais inferiores. No entanto reforça-se a ideia de que este tipo de edifícios possuem sempre um seguro, e as seguradoras não reconhecem os critérios de dimensionamento de SAEI do regulamento nacional como base de trabalho ou referência.

Note-se também que estes resultados se referem a cálculo hidráulico, e alguns dos dados ou critérios tiveram de ser forçados com perspetivas da NFPA por não existirem exigências.

4.3. ARMAZENAMENTO DE PAPEL RECICLADO – EN 12845, NFPA 13 E FM GLOBAL

4.3.1. CARACTERÍSTICAS DO EDIFÍCIO E MATERIAL ARMAZENADO

A zona de armazenamento em estudo, destinada ao armazenamento de papel reciclado. Situa-se no exterior de uma nave industrial, coberta e cercada por 3 paredes com 14 metros de altura e com a configuração e dimensões assinaladas na Figura 40. A cobertura não tem estrutura à vista.

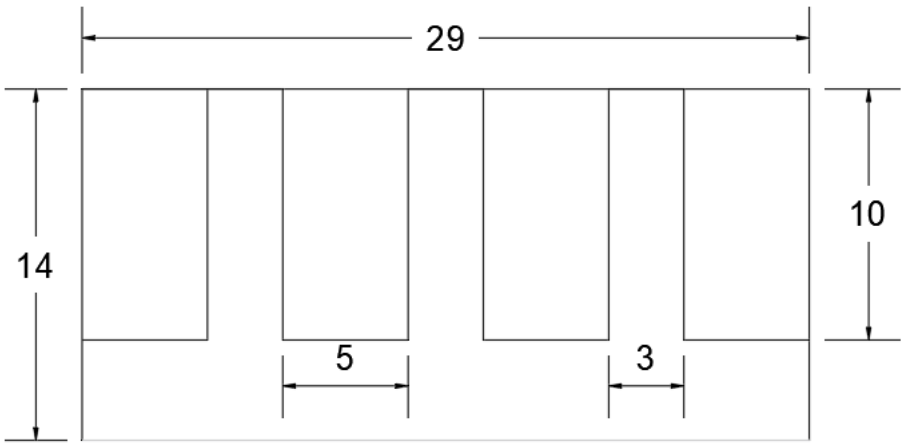


Figura 40 - Vista em planta da zona de armazenamento com dimensões em metros, Figura da autora

O papel que chega a esta unidade encontra-se prensado e empacotado formando blocos com cinta metálica. Cada um destes blocos de armazenamento tem aproximadamente 900 mm de altura e 1 m^2 em planta.

O armazenamento alcança no máximo 3,5 m, em 4 níveis. Como se pode observar na figura, dispõem-se em áreas de 10 m de comprimento e 5 m de largura, com corredores de 3 m.

É possível que a temperatura ambiente atinja os 4ºC durante longos períodos de tempo.

4.3.1.1. CLASSIFICAÇÃO DE RISCO

As classes de risco deste caso de estudo encontram-se sintetizadas no Quadro 39:

Quadro 39 - Classificação de risco dos bens armazenados, caso de estudo 4.3. Quadro da autora

Referencial Normativo	Descrição	Classificação de risco
EN 12845	De acordo com a Figura 14 - Fluxograma para determinar as classes requeridas para o armazenamento, EN 12845, a classificação de risco deverá ser determinada pelo Anexo C da norma citada que contém a lista alfabética de produtos, onde se classifica a armazenagem em categoria III com a nota de que poderão ser necessárias medidas de proteção extra. Como os blocos não contêm embalagens de plástico ou componentes de maior perigosidade não é necessário alterar a categoria. A configuração trata-se de um ST1.	Risco extra de armazenamento: Categoria III, configuração ST1
NFPA 13	O papel está prensado e armazenado em blocos. Pelo Quadro 15 a opção viável será classificar em classe III pois o bloco não contém plásticos nem papel solto. A configuração de armazenamento é em solid-piled storage pois não existe qualquer elevação.	Classe III em *solid-piled storage*
FM Global	De acordo com a DS 8-9 a classificação é clara em Classe 3.	Classe 3

4.3.1.2. RESUMO DOS CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO E RESULTADOS DE PROJETO

O processo de dimensionamento encontra-se na referência [3] correspondente ao caso de estudo n.º 3.

O Quadro 40 sintetiza toda a informação quer de critérios estabelecidos pelas exigências dos vários referenciais normativos como os resultados do dimensionamento.

Quadro 40 - Resumo comparativo das diferentes soluções para o caso de estudo 4.3, adaptado de [3]

Características	**EN 12845**	**NFPA 13**	**FM Global**
Conceito de proteção	Densidade/Área	Densidade/Área	Uso armazenamento
Tipo de sprinkler	Cobertura normal	Cobertura normal	Cobertura normal
Rapidez de resposta	Normal	Normal	Normal
Densidade de descarga (Lpm/m^2)	12,5	7,3	-
Área de operação (m^2)	325	302	-
Fator K	115	80	160
Temperatura de ativação (ºC)	68	141	141
Distância máxima entre sprinklers (m)	3,7	4,6	3,6
Nº de aspersores em funcionamento simultâneo	45	35	48
Cobertura média (m^2)	8,94	11,74	9,0
Pressão sprinklers (bar)	0,94	1,15	0,5
Caudal sprinklers (lpm)	111	86	113
Caudal do sistema (lpm)	4,76	2,56	4,52
Reserva de água (m^2)	428	229	905

4.3.1.3. ANÁLISE DE RESULTADOS

Em matéria de classificação de risco, os 3 referenciais normativos convergem para conceitos semelhantes.

A EN 12845 [1] foi a norma mais intuitiva de seguir para obter a classificação de risco. A estrutura é bem organizada e o fluxograma remete aos locais ou métodos a serem utilizados. A FM Global com recurso a fluxogramas também foi relativamente simples de seguir, apesar de apresentar um maior volume de informação. A NFPA 13 [2] é sem dúvida o referencial mais complexo e apresenta a estrutura menos intuitiva.

Na determinação dos requisitos de projeto para a rede de sprinklers, a experiência de navegação nas normas é relativamente semelhante à classificação de risco. De notar que as *data sheets* da FM Global são bastante complexas apesar de os fluxogramas ajudarem a esclarecer o caminho a seguir.

Analisando os resultados, e começando pelo conceito de proteção, a EN 12845 [1] e a NFPA 13 [2] utilizam uma abordagem baseada em densidade/área para definir a proteção necessária, enquanto a FM Global adota uma abordagem baseada no uso específico do armazenamento o que se reflete na abordagem de personalização de requisitos de proteção conforme o cenário exato de uso.

A densidade de descarga varia significativamente entre as normas, com a EN 12845 [1] exigindo a maior densidade (12,5 L/min/m²). Isso sugere que, sob a EN 12845 [1], o sistema é projetado para debitar mais água sobre a área protegida, o que pode ser interpretado como uma abordagem mais conservadora. Em contraste, a NFPA 13 [2] e a FM Global prescrevem densidades de descarga menores, o que se reflete numa maior confiança na eficácia do sistema.

No que diz respeito à temperatura de ativação dos sprinklers, a EN 12845 [1] estabelece um valor significativamente mais baixo (68°C) em comparação com a NFPA 13 [2] e a FM Global (141°C). Isso pode ser adequado para papéis reciclados que podem ter um ponto de ignição mais baixo, mas também pode resultar em ativações falsas ou desnecessárias, especialmente em ambientes onde as temperaturas podem aumentar por outros motivos que não um incêndio.

Quanto à distância máxima entre sprinklers e o número de aspersores em funcionamento simultâneo, a NFPA 13 [2] permite a maior distância e tem o menor número de aspersores esperados para operar durante um incêndio. Isso pode indicar um equilíbrio entre custo e cobertura, enquanto a EN 12845 [1], com distâncias menores e mais aspersores operacionais, sugere uma abordagem que prioriza a máxima cobertura.

A pressão dos sprinklers é outro fator crítico, com a NFPA 13 [2] exigindo uma pressão mais alta (1,15 bar) em comparação com a EN 12845 [1] (0,94 bar) e a FM Global (0,95 bar). Isso pode ter implicações no dimensionamento das bombas e na robustez da infraestrutura de tubulação. Altas pressões podem garantir que a água alcance eficazmente todas as áreas protegidas, mas também aumentam o custo inicial e operacional do sistema.

Para o caudal dos sprinklers e do sistema como um todo, a EN 12845 [1] especifica um caudal mais alto tanto para o sprinkler individual quanto para o sistema total, o que, em teoria, poderia oferecer uma resposta mais rápida e abrangente. No entanto, vai criar uma maior necessidade de água, conforme refletido pela reserva de água significativamente maior exigida pela EN 12845 [1] em comparação com a NFPA 13 [2].

Em resumo, a norma EN 12845 [1] parece ser a mais conservadora, com a maior densidade de descarga e reserva de água, o que pode ser mais seguro, mas também mais dispendioso. A NFPA 13 [2] oferece um meio-termo, enquanto a FM Global fornece requisitos personalizados que podem oferecer a melhor eficiência de custo, assumindo que o risco foi avaliado corretamente.

5

Orientações para Enquadramento Legislativo

5.1. INTRODUÇÃO

Como já foi referido no Estado da Arte, muitos profissionais da área defendem que deveria existir um regulamento apenas para a UT XII, e noutras posições, que deveria ser criado um regulamento totalmente novo.

Neste contexto, defende-se que se deve aproveitar as bases existentes e continuar a promover a uniformização de documentos em vez de diversificar e aumentar o seu número, como acontecia no passado e que foi alvo de muita crítica e até de potenciar uma consequente falta de relativo rigor técnico.

Pela análise de outros referenciais legislativos, verificou-se que possuem métodos e regras bastante diferentes das nacionais. A aproximação sugerida a novos métodos é feita com maior foco na NP EN 12845 [1], por se tratar de uma norma europeia, mais convergente com a visão portuguesa. A filosofia dos referenciais norte-americanos é bastante mais drástica e direcionada à extinção do incêndio e proteção de propriedade. Tratando-se de contexto legislativo, procura-se estabelecer mínimos de segurança, continuando dentro da estratégia da visão regulamentar portuguesa.

Note-se que estas orientações para novo enquadramento legislativo visam a criar medidas orientadoras para completar e complementar, de forma mais simplificada quanto possível, o disposto no regulamento nacional, procurando estabelecer critérios que aumentem o atual nível de segurança. Não se pretendem criar medidas para um regulamento competitivo com as restantes referências normativas

Nestas orientações de ajuste ao enquadramento nas temáticas referidas durante o trabalho, procura-se utilizar recursos já presentes no regulamento quando aplicável, como é o caso das listagens de DCIM e métodos de cálculo do Despacho n.º 8954/2020 [45].

5.2. CLASSIFICAÇÃO DE RISCO

5.2.1. ESTRATÉGIA

Como já foi analisado e comentado, o regulamento português não obriga a analisar bens armazenados quanto à interação entre produto e embalagem, seu suporte e configuração em armazenamento.

Apesar de no Quadro 7 estar indicada uma majoração em 10x dos valores da densidade de carga modificada para usos exclusivos para armazenamento, considera-se este critério demasiado geral, e tratando-se de uma atividade potencialmente muito perigosa, sugere-se que seja criado um sistema de avaliação de risco mais preciso.

A intenção de aproximação do regulamento nacional à estratégia dos outros referenciais normativos tem como grande motivação o estabelecimento de uma base sólida de classes de risco para que seja possível elaborar exigências de dimensionamento de redes de SAEI em função das classes de risco, exposto no subcapítulo seguinte.

Voltando ao estabelecido no Quadro 7, estes valores podem não estar adequados aos atuais cenários da atividade. Tome-se, por exemplo, o caso de estudo analisado em 4.2. cujos dados são os seguintes:

- Área útil do compartimento: 406 m^2;
- Área de armazenamento: 120 m^2;
- Altura de armazenamento: 3,5 m;
- Material: Papel reciclado com cinta metálica;
- Pisos acima do plano de referência: 1;
- Em área coberta.

Pelo Despacho n.º 8954/2020 [45], retiram-se os seguintes dados para cálculo da densidade de carga de incêndio modificada:

- q_{vi}: 10 000 MJ/m^2;
- R_{ai} alto: 2,0;
- C_i: 1,0 pois o ponto de inflamação do papel mesmo que reciclado, é constituído maioritariamente por celulose e com ponto de inflamação superior a 100 ºC.

Aplicando a Fórmula 6, de cálculo probabilístico, obtém-se a densidade de carga de incêndio de aproximadamente 34 500 MJ/m^2.

Juntamente com os restantes dados e de acordo com o disposto no Quadro 7, este armazenamento estaria inserido na 2ª Categoria de Risco pelo regulamento português, classificado como de risco moderado. Todos os outros referenciais normativos classificaram este armazenamento em categorias ou classes de risco 3 em 4 totais, refletindo um risco alto ou grave.

Neste sentido, de forma a criar um enquadramento legislativo e tendo em conta todo o panorama estabelecido, considera-se que deve existir uma separação permanente entre as zonas de armazenamento e as restantes zonas da UT XII, evitando a unificação de classificação de toda a UT.

Assim, nas zonas de armazenamento devem ser criados novos quadros e artigos que reflitam uma nova categorização do risco de acordo com a seguinte estratégia:

- Avaliação do risco da mercadoria: Determinação de uma classe de risco com recurso à densidade de carga de incêndio modificada do produto armazenado;
- Avaliação da configuração em armazenamento: Determinação de uma nomenclatura para a configuração consoante as descrições;
- Determinação de uma classe de risco no formato: Classe de Risco X, armazenamento AR Y.
- No que se refere ao cálculo determinístico, poderá ser criada uma estratégia semelhante baseada no poder calorífico inferior, listado no Quadro I do Anexo do Despacho citado.

5.2.2. BENS ARMAZENADOS

No intuito de determinar intervalos de DCIM em MJ/m^2 pelo cálculo probabilístico, utiliza-se como base o Quadro II do Despacho n.º 8954/2020 [45].

Pelo quadro do despacho citado e observando a classificação de R_{ai}, que se trata do coeficiente adimensional de ativação do constituinte combustível, percebe-se uma separação entre grupos de materiais.

Os que são classificados com R_{ai} baixo apresentam uma DCIM de até 400 MJ/m^2, e incluem materiais incombustíveis ou pouco combustíveis. O R_{ai} médio está associado a materiais moderadamente combustíveis com valores até 800 MJ/m^2, exceto em alguns casos onde se atinge os 1700 MJ/m^2 para couro e couro sintético e 4200 MJ/m^2 para cartão. Os valores de R_{ai} classificados em "alto" apresentam valores compreendidos entre 1300 e 130 000 MJ/m^2 representando o armazenamento de cartão ondulado e hidrogénio, respetivamente.

Sugere-se a criação de intervalos para a DCIM para as classes de risco de bens armazenados com base neste indicador. Como os valores de DCIM com R_{ai} alto apresentam um intervalo muito extenso, deve dividir-se em duas classes: classe de risco alto e classe de risco muito alto.

O Quadro II do Despacho citado deve também ser aumentado de forma a clarificar o trabalho dos projetistas, incluindo materiais atualmente frequentes na indústria ou em falta na listagem, tais como:

- Polietileno;
- Poliuretano;
- Fibra de vidro;
- Compósitos de fibra de carbono;
- Fibra de vidro reforçada com plástico (FRP);
- Baterias;
- Painéis solares;
- Material pirotécnico, tal como fogo de artifício e foguetes.

Os intervalos propostos não foram determinados e calculados por se tratar de um exercício de elevada complexidade, que exigiria bastante tempo de investigação meticulosa dedicada ao tema e um grande volume de experiência, pelo que a proposta passa apenas por sugerir medidas orientadoras.

5.2.3. CONFIGURAÇÃO EM ARMAZENAMENTO

Para a determinação de configurações em armazenamento sugere-se a utilização da estratégia da NP EN 12845 [1] adaptando a nomenclatura portuguesa:

- AR1: armazenamento livre ou em blocos;
- AR2: paletes autoportantes numa única fila, com corredores de largura não inferior a 2,4 m;
- AR3: paletes autoportantes em filas múltiplas (incluindo duplas);
- AR4: estantes para paletes (estantes em perfis para paletes);
- AR5: prateleiras maciças ou em grelha com largura de 1 m ou inferior;
- AR6: prateleiras maciças ou em grelha com largura superior a 1m e inferior a 6 m.

Também à semelhança da NP EN 12845 [1], sugere-se a criação de tabelas de requisitos de proteção e limitação para as diferentes configurações em armazenamento e respetivas classes de risco, com as seguintes informações:

- Configuração em armazenamento: AR1, AR2, etc.;
- Classe de Risco: ligeiro, moderado, alto ou muito alto;
- Condições aplicáveis: obrigatoriedade de proteção por sprinklers intermédios em estantes;
- Área máxima de armazenamento por ilha em m^2;
- Largura dos corredores que separam as filas de armazenagem em metros;
- Distância mínima livre de obstáculos à volta da ilha em metros.

Assim, e com a a intenção de desenvolver as prescrições adequadas a cada uma das novas classes de riscos, em função da configuração em armazenamento, enquadrando os conceitos gerais da Norma Europeia acima citada, apresenta-se no quadro 41 uma sugestão para cabeçalho da nova tabela dos requisitos de proteção para as atividades de armazenamento.

Quadro 41 - Sugestão de cabeçalho para quadro de requisitos de proteção e limitação para diferentes configurações de armazenamento com base na NP EN 12845 [1]

Configuração em armazenamento	**Classe de risco**	**Condições aplicáveis**	**Área máxima de armazenamento m^2**	**Largura de corredores que separam filas de armazenagem m**	**Distância mínima livre de obstáculos à volta da ilha m**
AR1	Ligeiro	-	150	n.a.	2,4
	Moderado	-	50	n.a.	2,4

5.3. CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO DE SPRINKLERS

5.3.1. ESTRATÉGIA E NOVOS CRITÉRIOS

Tendo em vista a reconstrução do conceito do Quadro 24, onde constam os critérios de dimensionamento nacionais para SAEI-água, mas focando os bens armazenados e em função das novas classes de risco de mercadorias, sugerem-se os seguintes requisitos:

- A densidade de descarga, que constitui uma célula da tabela no regulamento nacional, deve ser limitada de acordo com as alturas máximas permitidas para armazenamento, e consequentemente a área de operação dos sprinklers. Sugere-se a criação de uma tabela à semelhança do Quadro 26 para sprinklers no teto ou cobertura e à semelhança do Quadro 27 para sprinklers em níveis intermédios ou estantes. Para a densidade de descarga pode adaptar-se os valores às unidades $l/min/m^2$, inclusive para o número de sprinklers em ação simultânea, para se obter um registo semelhante ao do regulamento nacional.

- Devem ser estabelecidos critérios para espaçamento e localização de sprinklers, que não existem atualmente no regulamento, estabelecendo limitações dos valores de S e D, bem como a configuração e área máxima por sprinkler, em função da classe de risco específica de armazenamento, com base no Quadro 28 e Figura 37. Em relação ao posicionamento contra elementos estruturais devem existir requisitos concretos ou direcionar o projetista à norma europeia.
- O fator K deve também ser readaptado, adotando valores em função da classe de risco e da densidade de descarga, tal como no estabelecido no Quadro 29.
- Para temperaturas de resposta, os sprinklers devem ser selecionados com uma temperatura de resposta próxima, mas nunca inferior, a 30 °C acima da temperatura ambiente máxima expectável. Em espaços confinados, não ventilados, sob claraboias ou tetos envidraçados, poderá ser necessário instalar sprinklers com uma temperatura de operação superior, até 93 °C ou 100 °C. Deve ser tida especial atenção à instalação de sprinklers na proximidade de estufas de secagem, aquecedores e outros equipamentos suscetíveis de libertar calor radiante.
- A temperatura de ação dos sprinklers deve ser refletida em critério tal como estabelecido no Quadro 31.
- Para dimensionamento de sprinklers ESFR ou CMSA o regulamento deve remeter o projetista a um referencial normativo reconhecido.

Note-se de novo, que a motivação de estabelecer estes critérios reside na intenção de criar uma ligação entre os mesmos e a classificação de risco, contrariamente ao critério em vigor na Portaria nacional, que estabelece requisitos para toda a UT XII, e não tem em conta a classificação de risco.

Com estes novos quadros iriam ser obtidos os critérios de dimensionamento ajustados à classificação de risco em causa, originando um volume de dados mais completo, ao criar critérios de localização, desenho, alturas máximas de armazenamento, etc., à semelhança dos referenciais normativos citados, promovendo assim uma maior segurança e também uma melhor orientação para os projetistas.

5.4. CRITÉRIOS PARA INSTALAÇÃO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS EM COBERTURAS

5.4.1. PROPOSTA DE PONTOS ORIENTADORES PARA NOVO ARTIGO DE CONDIÇÕES ESPECÍFICAS DA UT XII

Em relação às orientações referentes à instalação de painéis fotovoltaicos, sugere-se a elaboração de um artigo 310.º dedicado à instalação de painéis fotovoltaicos em coberturas industriais a publicar no Título VIII, Capítulo X da Portaria 135/2020, correspondente às condições específicas da utilização-tipo XII.

Com base na análise no Capítulo 3, as seguintes medidas poderiam ser propostas para o regulamento português, dividindo um artigo 310.º em vários números e alíneas:

1) Dimensionamento e Localização:

Implementar diretrizes rigorosas para o dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos com respeito à resistência ao vento, utilizando painéis e sistemas de montagem aprovados para garantir a segurança estrutural em condições climatéricas adversas.

2) Materiais e Classificação de Resistência ao Fogo:

Exigir que todos os componentes dos sistemas fotovoltaicos, especialmente os materiais de montagem, sejam não combustíveis e tenham classificações de resistência ao fogo adequadas, minimizando assim o risco de incêndios.

3) Manutenção e Operação:

Estabelecer a obrigatoriedade de inspeções anuais, incluindo a verificação da vedação de penetrações na cobertura para garantir a impermeabilização, bem como a realização de manutenção regular e inspeções termográficas para identificar potenciais pontos quentes.

4) Proteção Elétrica:

Definir padrões para a instalação elétrica dos sistemas fotovoltaicos, garantindo a utilização de cabos adequados para aplicações externas, resistentes a UV e à humidade, e a inclusão de dispositivos de isolamento e deteção de arcos elétricos para prevenção de incêndios.

5) Acesso e Segurança dos Bombeiros:

Regular a instalação de painéis fotovoltaicos para garantir o acesso seguro dos bombeiros, limitando o tamanho das instalações a 45m x 45m e disponibilizando caminhos de, no mínimo 1,2m de largura ao redor das instalações, tendo em vista facilitar as operações de emergência.

6) Desconexão e Segurança Elétrica em Emergências:

Exigir a instalação de interruptores de desconexão em locais externos facilmente acessíveis, para permitir a desativação dos sistemas fotovoltaicos, reduzindo os riscos para os bombeiros e facilitando as operações de combate a incêndios.

7) Sinalização e Informação para Resposta a Emergências:

Implementar a obrigatoriedade de sinalização clara e visível, indicando a presença de sistemas fotovoltaicos, a localização dos interruptores de desconexão e as informações essenciais para a adequada resposta a emergências.

8) Formação Específica para Equipas de Emergência:

Promover e exigir programas de formação específicos para equipas de resposta a emergências sobre os riscos associados a sistemas fotovoltaicos, bem como os respetivos procedimentos seguros de desativação e intervenção.

9) Planeamento de Emergência e Coordenação com Serviços de Bombeiros:

Estabelecer a necessidade de desenvolvimento de procedimentos de emergência específicos para instalações com sistemas fotovoltaicos, incluindo a coordenação prévia com os serviços locais de bombeiros para familiarização com as instalações.

Estas medidas sugeridas visam integrar as melhores práticas internacionais no contexto português, assegurando que a instalação de sistemas fotovoltaicos em coberturas industriais seja realizada de forma segura e eficiente, mitigando os riscos associados e promovendo a segurança em padrões legislativos de todos os envolvidos.

6
Conclusões

6.1. REFLEXÕES E COMENTÁRIOS FINAIS

Esta dissertação representa um marco importante na compreensão e aplicação da legislação de SCIE na prática de engenharia em Portugal. Focando-se na análise comparativa entre os referenciais normativos nacionais e internacionais, este estudo revelou e confirmou algumas lacunas que impactam diretamente a eficácia e a eficiência dos sistemas de proteção contra incêndios.

Através de uma abordagem meticulosa, que combinou análise documental, contacto com profissionais da área, e estudos de caso, foi possível mapear o cenário atual da SCIE em Portugal, identificando não apenas as lacunas existentes na legislação, mas também as oportunidades de melhoria. Este trabalho destacou a necessidade premente de atualização do quadro legislativo para incorporar avanços tecnológicos e normativos que têm sido adotados internacionalmente, com especial atenção para as normas EN 12845 [1], NFPA 13 [2], e FM Global.

A contribuição mais significativa desta dissertação reside em toda a análise e na proposta de medidas orientadoras para um novo enquadramento legislativo que almeja a harmonização das práticas nacionais com padrões internacionais reconhecidos, aumentando o nível de exigência de segurança pelo regulamento português com grande foco nos bens armazenados na indústria e instalação de painéis fotovoltaicos em coberturas.

Além disso, a investigação contribuiu para a área de estudo com a identificação de elementos-chave em falta ou levemente abordados pelo regulamento português.

Em matéria de impacto prático, espera-se que os resultados desta dissertação influenciem positivamente a forma como os sistemas de proteção contra incêndios são concebidos, implementados, e mantidos em Portugal. Espera-se também que a identificação dos pontos chave na instalação e operação segura de painéis fotovoltaicos influencie positivamente a perceção da temática.

Em síntese, esta dissertação não só preenche uma lacuna importante na literatura existente sobre SCIE mas também proporciona um caminho para a evolução futura da legislação e práticas associadas em Portugal, com potencial para impactar significativamente a segurança das pessoas e dos ativos em ambiente construído.

Apesar de bastante teórico, trata-se de um tema complexo e volumoso em informação para o tempo disponível e experiência em projeto, pelo que um dos maiores desafios desde o início do trabalho foi gerir e selecionar a informação a analisar, e traçar um caminho claro.

Apesar das dificuldades que surgiram ao longo do caminho, os objetivos foram cumpridos.

Foi aprofundado o conhecimento sobre a regulamentação portuguesa, Normas Europeias e Normas da NFPA. Em tema de seguradoras compreenderam-se as suas motivações, tipologia de requisitos e a sua influência em projeto da especialidade. Foram identificados problemas associados ao projeto da UT XII em contexto nacional e foram sugeridas medidas orientadoras para potenciar novas soluções e nova abordagem para o armazenamento industrial e instalação de painéis fotovoltaicos em coberturas industriais.

O estudo dos conceitos associados à ciência que sustenta a SCIE foi fundamental para compreender o raciocínio e estrutura de cada referencial normativo e seus fundamentos associados a certos requisitos ou critérios de projeto, nomeadamente durante a análise da classificação de risco e dimensionamento de sprinklers.

A aplicação a dois casos de estudo permitiu identificar e avaliar as diferenças nas visões de cada referencial normativo e também acentuar as falhas do regulamento nacional.

No final, foi possível propor algumas medidas orientadoras direcionadas às mercadorias armazenadas na UT XII e instalação de painéis fotovoltaicos em coberturas, com base em toda a análise e estudo desenvolvido, identificando o referencial mais coerente a utilizar como base, sabendo também as importâncias relativas dos restantes.

A elaboração desta dissertação e todo o trabalho inerente muniram a autora com conhecimentos valiosos para um início de carreira na área de segurança e proteção contra incêndios, ao mapear o panorama atual de SCIE em Portugal, compreender as estruturas dos referenciais normativos e as suas exigências e por fim, o envolvimento com o mercado segurador com um papel tão fundamental no setor industrial e com muito peso na área de projeto.

O envolvimento na área, desde congressos e contacto com especialistas até à as fases iniciais de estudo das ciências fundamentais foram essenciais para criar uma visão desenvolvida e abrangente do setor.

6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

A evolução tecnológica constante, aliada à crescente complexidade dos edifícios modernos, exige uma abordagem dinâmica e adaptativa à regulamentação e implementação de sistemas de proteção contra incêndios. Neste contexto, identificam-se várias áreas para desenvolvimentos futuros, que poderão não apenas aprimorar a segurança contra incêndios, mas também revolucionar a forma como entendemos e aplicamos estas soluções críticas.

Na continuidade do trabalho seria interessante determinar concretamente os intervalos para categorização de risco das mercadorias e estender a análise a zonas de fabrico, avaliando os atuais intervalos de DCIM e áreas de compartimentação geral corta-fogo.

Seria também interessante estender o estudo à desenfumagem natural, que se encontra neste momento sem exigências em regulamento e constitui uma grande dificuldade para os projetistas. A regulamentação francesa é um dos documentos mais procurados para ultrapassar esta dificuldade e poderá servir de base para um estudo.

Um outro desenvolvimento que poderá trazer conhecimento relevante à área é o estudo do impacto das exigências das seguradoras nos prémios de seguro, avaliando o que efetivamente leva o Dono de Obra a investir em sistemas de SAEI e como é que o prémio é afetado no caso de se optar por seguir um conjunto de exigências menos rigorosas.

Numa perspetiva um pouco mais ambiciosa, a integração de sistemas inteligentes de deteção e combate a incêndios representa um campo fértil para a inovação. A adoção de tecnologias de inteligência artificial para monitorização em tempo real e resposta automática a incêndios promete transformar o paradigma atual, oferecendo sistemas capazes de antecipar, detetar, e neutralizar ameaças de incêndio com eficácia sem precedentes.

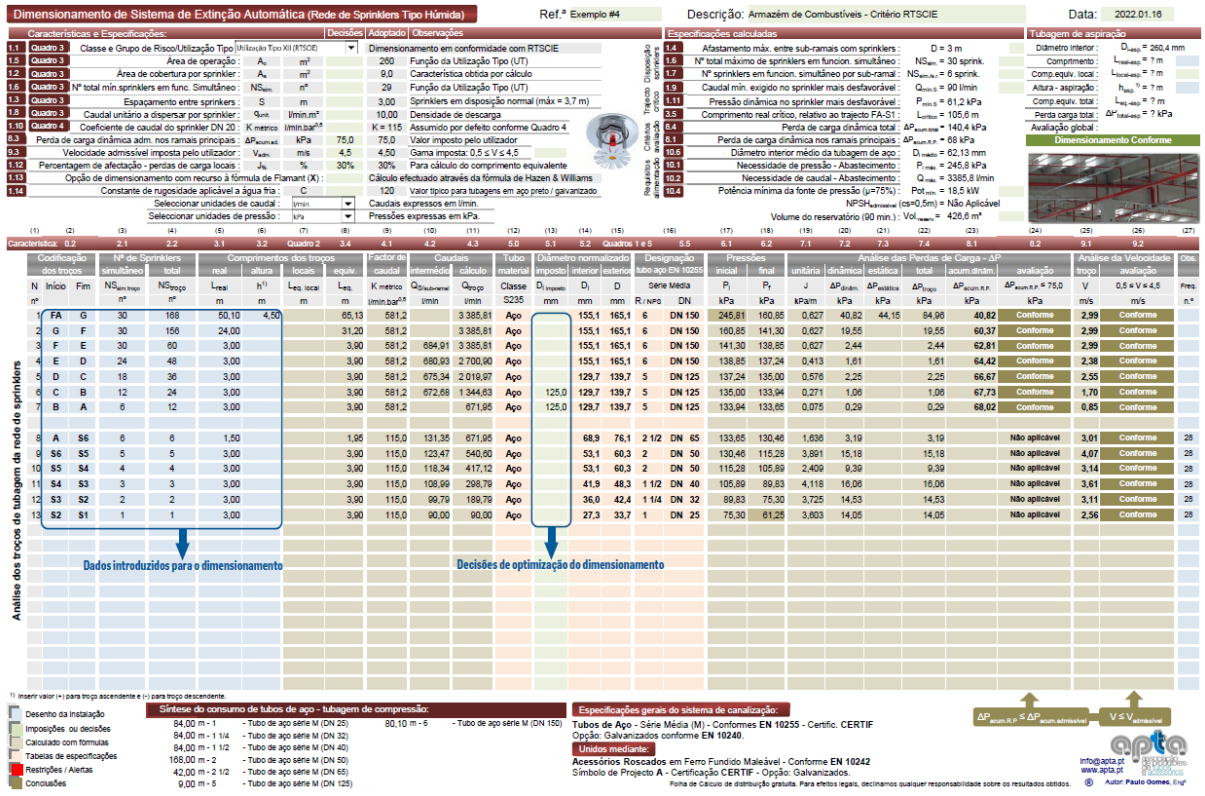
Além disso, a evolução do enquadramento legislativo para incorporar e facilitar o uso dessas tecnologias avançadas é crucial. A legislação deve evoluir para refletir os avanços tecnológicos, removendo barreiras à inovação e estabelecendo padrões claros que garantam a segurança sem comprometer o desenvolvimento. Isso requer um esforço colaborativo entre legisladores, engenheiros, arquitetos, universidades e a indústria tecnológica.

Ademais, a exploração de abordagens interdisciplinares para o projeto de edifícios seguros constitui também uma necessidade para o futuro. A colaboração entre as disciplinas de engenharia de incêndios, arquitetura, psicologia (estudo do comportamento humano em situações de emergência), e tecnologia da informação pode levar ao desenvolvimento de soluções holísticas que abordem não apenas a segurança física dos ocupantes, mas também sua capacidade de responder efetivamente em caso de incêndio.

Finalmente, a democratização do acesso às tecnologias de segurança contra incêndios através da educação e da conscientização pública é essencial. A implementação de programas educacionais que ensinam os princípios da segurança contra incêndios e as melhores práticas de evacuação pode significativamente aumentar a resiliência das comunidades em face dos incêndios.

Anexo A

Tabelas de dimensionamento do Caso de Estudo em 4.2., pela APTA [62]



Dimensionamento de Sistema de Extinção Automática (Rede de Sprinklers Tipo Húmida) — Ref.ª Exemplo #4 — Descrição: Armazém de Combustíveis - Critério RTSCIE — Data: 2022.01.16

Características e Especificações: — Decisões — Adoptado — Observações

1.1	Quadro 3	Classe e Grupo de Risco/Utilização Tipo	Utilização Tipo XII (RTSCIE)		Dimensionamento em conformidade com RTSCIE	
1.5	Quadro 3	Área de operação :	A_o	m²	260	Função da Utilização Tipo (UT)
1.2	Quadro 3	Área de cobertura por sprinkler :	A_s	m²	9,0	Característica obtida por cálculo
1.6	Quadro 3	Nº total mín.sprinklers em func. Simultâneo :	$NS_{sim.}$	nº	29	Função da Utilização Tipo (UT)
1.3	Quadro 3	Espaçamento entre sprinkers :	S	m	3,00	Sprinklers em disposição normal (máx = 3,7 m)
1.8	Quadro 3	Caudal unitário a dispersar por sprinkler :	$q_{unit.}$	l/min.m²	10,00	Densidade de descarga
1.10	Quadro 4	Coeficiente de caudal do sprinkler DN 20 :	K métrico	l/min.bar^{0,5}	K = 115	Assumido por defeito conforme Quadro 4
8.3		Perda de carga dinâmica adm. nos ramais principais :	$\Delta P_{sum.ad.}$	kPa	75,0	75,0 Valor imposto pelo utilizador
9.3		Velocidade admissível imposta pelo utilizador :	$V_{adm.}$	m/s	4,5	4,50 Gama imposta: 0,5 ≤ V ≤ 4,5
1.12		Percentagem de afectação - perdas de carga locais :	$J_{%}$	%	30%	30% Para cálculo do comprimento equivalente
1.13		Opção de dimensionamento com recurso à fórmula de Flamant (X) :				Cálculo efectuado através da fórmula de Hazen & Williams
1.14		Constante de rugosidade aplicável a água fria :	C		120	Valor típico para tubagens em aço preto / galvanizado
		Seleccionar unidades de caudal :	l/min			Caudais expressos em l/min.
		Seleccionar unidades de pressão :	kPa			Pressões expressas em kPa.

Critérios de avaliação — Trajecto crítico — Disposição sprinklers — Requisitos alimentação

Especificações calculadas

1.4	Afastamento máx. entre sub-ramais com sprinklers :	D = 3 m
1.6	Nº total máximo de sprinklers em funcion. simultâneo :	$NS_{sim.}$ = 30 sprink.
1.7	Nº sprinklers em funcion. simultâneo por sub-ramal :	$NS_{sim./r.}$ = 6 sprink.
1.9	Caudal mín. exigido no sprinkler mais desfavorável :	$Q_{min.S}$ = 90 l/min
1.11	Pressão dinâmica no sprinkler mais desfavorável :	$P_{min.S}$ = 61,2 kPa
3.5	Comprimento real crítico, relativo ao trajecto FA-S1 :	$L_{crítico}$ = 105,6 m
8.4	Perda de carga dinâmica total :	$\Delta P_{acum.total}$ = 140,4 kPa
8.1	Perda de carga dinâmica nos ramais principais :	$\Delta P_{acum.R.P.}$ = 68 kPa
10.6	Diâmetro interior médio da tubagem de aço :	$D_{i\,médio}$ = 62,13 mm
10.1	Necessidade de pressão - Abasteciemento :	$P_{i\,máx.}$ = 245,8 kPa
10.2	Necessidade de caudal - Abasteciemento :	$Q_{máx.}$ = 3385,8 l/min
10.4	Potência mínima da fonte de pressão (μ=75%) :	$Pot_{mín.}$ = 18,5 kW
		$NPSH_{admissível}$ (cs=0,5m) = Não Aplicável
	Volume do reservatório (90 min.) :	$Vol_{reserv.}$ = 426,6 m³

Tubagem de aspiração

Diâmetro interior :	$D_{i\,asp.}$ = 260,4 mm
Comprimento :	$L_{real-asp.}$ = ? m
Comp.equiv. local :	$L_{local-asp.}$ = ? m
Altura - aspiração :	$h_{asp.}$ [1)] = ? m
Comp.equiv. total :	$L_{eq.-asp.}$ = ? m
Perda carga total :	$\Delta P_{total-asp.}$ = ? kPa
Avaliação global :	

Dimensionamento Conforme

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)
Característica:	0.2	2.1	2.2	3.1	3.2	Quadro 2	3.4	4.1	4.2	4.3	5.0	5.1	5.2	Quadros 1 e 5	5.5	6.1	6.2	7.1	7.2	7.3	7.4	8.1	8.2	9.1	9.2	

Codificação dos troços			Nº de Sprinklers		Comprimentos dos troços				Factor de caudal	Caudais		Tubo	Diâmetro normalizado			Designação	Pressões		Análise das Perdas de Carga - ΔP						Análise da Velocidade		Obs.
			simultâneo	total	real	altura	locais	equiv.		intermédio	cálculo	material	imposto	interior	exterior	tubo aço EN 10255	inicial	final	unitária	dinâmica	estática	total	acum.dinâm.	avaliação	troço	avaliação	
N	Início	Fim	$NS_{sim.troço}$	$NS_{troço}$	L_{real}	h [1)]	$L_{eq.local}$	$L_{eq.}$	K métrico	$Q_{Sub-ramal}$	$Q_{troço}$	Classe	$D_{i\,imposto}$	D_i	D	Série Média	P_i	P_f	J	$\Delta P_{dinâm.}$	$\Delta P_{estática}$	$\Delta P_{troço}$	$\Delta P_{acum.R.P.}$	$\Delta P_{acum.R.P.}$ = 75,0	V	0,5 ≤ V ≤ 4,5	Freq.
nº			nº	nº	m	m	m	m	l/min.bar^{0,5}	l/min	l/min	S235	mm	mm	mm	R / NPS	DN	kPa	kPa	kPa/m	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	m/s	m/s	nº
1	FA	G	30	168	50,10	4,50		65,13	581,2		3 385,81	Aço		155,1	165,1	6	DN 150	245,81	160,85	0,627	40,82	44,15	84,96	**40,82**	Conforme	2,99	Conforme	
2	G	F	30	156	24,00			31,20	581,2		3 385,81	Aço		155,1	165,1	6	DN 150	160,85	141,30	0,627	19,55		19,55	**60,37**	Conforme	2,99	Conforme	
3	F	E	30	60	3,00			3,90	581,2	684,91	3 385,81	Aço		155,1	165,1	6	DN 150	141,30	138,85	0,627	2,44		2,44	**62,81**	Conforme	2,99	Conforme	
4	E	D	24	48	3,00			3,90	581,2	680,93	2 700,90	Aço		155,1	165,1	6	DN 150	138,85	137,24	0,413	1,61		1,61	**64,42**	Conforme	2,38	Conforme	
5	D	C	18	36	3,00			3,90	581,2	675,34	2 019,97	Aço		129,7	139,7	5	DN 125	137,24	135,00	0,576	2,25		2,25	**66,67**	Conforme	2,55	Conforme	
6	C	B	12	24	3,00			3,90	581,2	672,68	1 344,63	Aço	125,0	129,7	139,7	5	DN 125	135,00	133,94	0,271	1,06		1,06	**67,73**	Conforme	1,70	Conforme	
7	B	A	6	12	3,00			3,90	581,2		671,95	Aço	125,0	129,7	139,7	5	DN 125	133,94	133,65	0,075	0,29		0,29	**68,02**	Conforme	0,85	Conforme	
8	A	S6	6	6	1,50			1,95	115,0	131,35	671,95	Aço		68,9	76,1	2 1/2	DN 65	133,65	130,46	1,636	3,19		3,19		Não aplicável	3,01	Conforme	28
9	S6	S5	5	5	3,00			3,90	115,0	123,47	540,60	Aço		53,1	60,3	2	DN 50	130,46	115,28	3,891	15,18		15,18		Não aplicável	4,07	Conforme	28
10	S5	S4	4	4	3,00			3,90	115,0	118,34	417,12	Aço		53,1	60,3	2	DN 50	115,28	105,89	2,409	9,39		9,39		Não aplicável	3,14	Conforme	28
11	S4	S3	3	3	3,00			3,90	115,0	108,99	298,79	Aço		41,9	48,3	1 1/2	DN 40	105,89	89,83	4,118	16,06		16,06		Não aplicável	3,61	Conforme	28
12	S3	S2	2	2	3,00			3,90	115,0	99,79	189,79	Aço		36,0	42,4	1 1/4	DN 32	89,83	75,30	3,725	14,53		14,53		Não aplicável	3,11	Conforme	28
13	S2	S1	1	1	3,00			3,90	115,0	90,00	90,00	Aço		27,3	33,7	1	DN 25	75,30	61,25	3,603	14,05		14,05		Não aplicável	2,56	Conforme	28

Análise dos troços de tubagem da rede de sprinklers

Dados introduzidos para o dimensionamento — Decisões de optimização do dimensionamento

[1)] inserir valor (+) para troço ascendente e (-) para troço descendente.

Desenho da instalação
Imposições ou decisões
Calculado com fórmulas
Tabelas de especificações
Restrições / Alertas
Conclusões

Síntese do consumo de tubos de aço - tubagem de compressão:

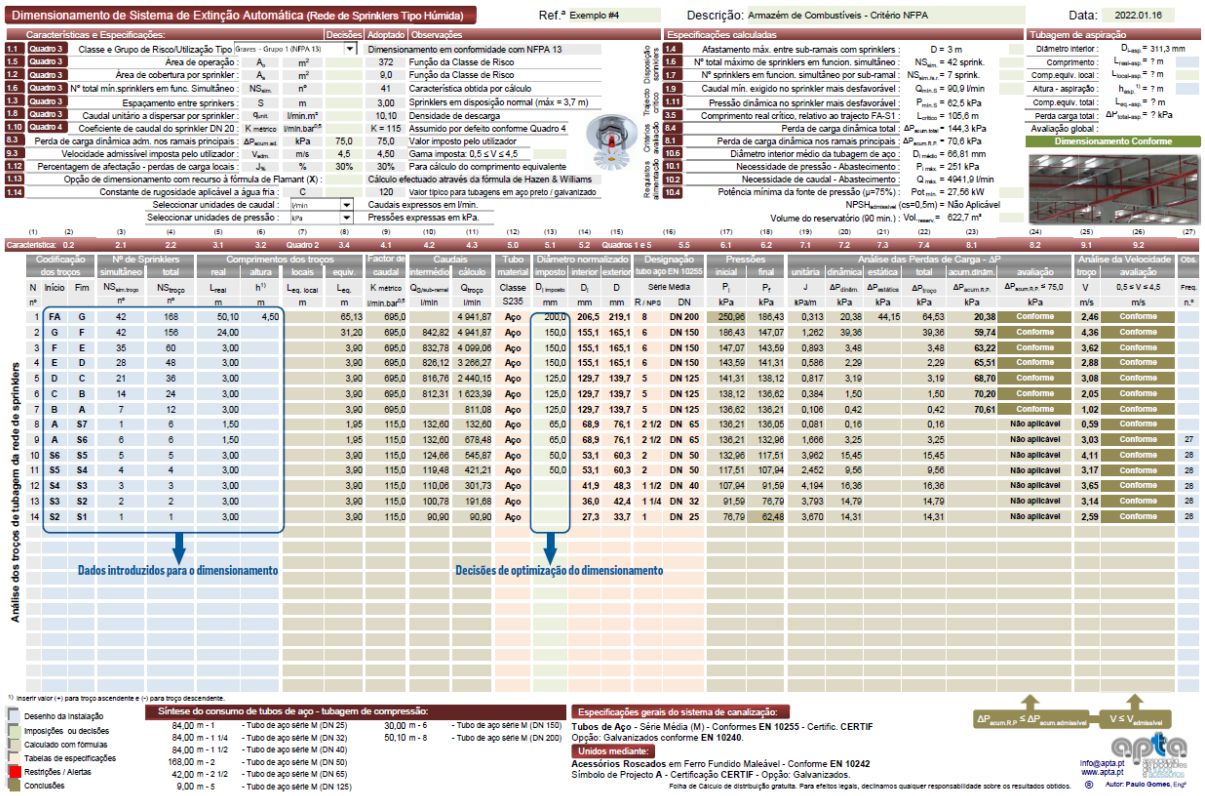
84,00 m - 1	- Tubo de aço série M (DN 25)	80,10 m - 6	- Tubo de aço série M (DN 150)
84,00 m - 1 1/4	- Tubo de aço série M (DN 32)		
84,00 m - 1 1/2	- Tubo de aço série M (DN 40)		
168,00 m - 2	- Tubo de aço série M (DN 50)		
42,00 m - 2 1/2	- Tubo de aço série M (DN 65)		
9,00 m - 5	- Tubo de aço série M (DN 125)		

Especificações gerais do sistema de canalização:
Tubos de Aço - Série Média (M) - Conformes **EN 10255** - Certific. **CERTIF**
Opção: Galvanizados conforme **EN 10240**.
Unidos mediante:
Acessórios Roscados em Ferro Fundido Maleável - Conforme **EN 10242**
Símbolo de Projecto **A** - Certificação **CERTIF** - Opção: Galvanizados.

$\Delta P_{acum.R.P.} \leq \Delta P_{acum.admissível}$ — $V \leq V_{admissível}$

Folha de Cálculo de distribuição gratuita. Para efeitos legais, declinamos qualquer responsabilidade sobre os resultados obtidos.

info@apta.pt
www.apta.pt
Autor: **Paulo Gomes**, Engº



Dimensionamento de Sistema de Extinção Automática (Rede de Sprinklers Tipo Húmida) — Ref.ª Exemplo #4 — Descrição: Armazém de Combustíveis - Critério NFPA — Data: 2022.01.16

Características e Especificações: — Decisões — Adoptado — Observações

1.1	Quadro 3	Classe e Grupo de Risco/Utilização Tipo	Grawes - Grupo 1 (NFPA 13)		Dimensionamento em conformidade com NFPA 13	
1.5	Quadro 3	Área de operação :	A_o	m²	372	Função da Classe de Risco
1.2	Quadro 3	Área de cobertura por sprinkler :	A_s	m²	9,0	Função da Classe de Risco
1.6	Quadro 3	Nº total mín.sprinklers em func. Simultâneo :	$NS_{sim.}$	nº	41	Característica obtida por cálculo
1.3	Quadro 3	Espaçamento entre sprinkers :	S	m	3,00	Sprinklers em disposição normal (máx = 3,7 m)
1.8	Quadro 3	Caudal unitário a dispersar por sprinkler :	$q_{unit.}$	l/min.m²	10,10	Densidade de descarga
1.10	Quadro 4	Coeficiente de caudal do sprinkler DN 20 :	K métrico	l/min.bar^{0,5}	K = 115	Assumido por defeito conforme Quadro 4
8.3		Perda de carga dinâmica adm. nos ramais principais :	$\Delta P_{sum.ad.}$	kPa	75,0	75,0 Valor imposto pelo utilizador
9.3		Velocidade admissível imposta pelo utilizador :	$V_{adm.}$	m/s	4,5	4,50 Gama imposta: 0,5 ≤ V ≤ 4,5
1.12		Percentagem de afectação - perdas de carga locais :	$J_{%}$	%	30%	30% Para cálculo do comprimento equivalente
1.13		Opção de dimensionamento com recurso à fórmula de Flamant (X) :				Cálculo efectuado através da fórmula de Hazen & Williams
1.14		Constante de rugosidade aplicável a água fria :	C		120	Valor típico para tubagens em aço preto / galvanizado
		Seleccionar unidades de caudal :	l/min			Caudais expressos em l/min.
		Seleccionar unidades de pressão :	kPa			Pressões expressas em kPa.

Critérios de avaliação — Trajecto crítico — Disposição sprinklers — Requisitos alimentação

Especificações calculadas

1.4	Afastamento máx. entre sub-ramais com sprinklers :	D = 3 m
1.6	Nº total máximo de sprinklers em funcion. simultâneo :	$NS_{sim.}$ = 42 sprink.
1.7	Nº sprinklers em funcion. simultâneo por sub-ramal :	$NS_{sim./r.}$ = 7 sprink.
1.9	Caudal mín. exigido no sprinkler mais desfavorável :	$Q_{min.S}$ = 90,9 l/min
1.11	Pressão dinâmica no sprinkler mais desfavorável :	$P_{min.S}$ = 62,5 kPa
3.5	Comprimento real crítico, relativo ao trajecto FA-S1 :	$L_{crítico}$ = 105,6 m
8.4	Perda de carga dinâmica total :	$\Delta P_{acum.total}$ = 144,3 kPa
8.1	Perda de carga dinâmica nos ramais principais :	$\Delta P_{acum.R.P.}$ = 70,6 kPa
10.6	Diâmetro interior médio da tubagem de aço :	$D_{i\,médio}$ = 66,81 mm
10.1	Necessidade de pressão - Abasteciemento :	$P_{i\,máx.}$ = 251 kPa
10.2	Necessidade de caudal - Abasteciemento :	$Q_{máx.}$ = 4941,9 l/min
10.4	Potência mínima da fonte de pressão (μ=75%) :	$Pot_{mín.}$ = 27,56 kW
		$NPSH_{admissível}$ (cs=0,5m) = Não Aplicável
	Volume do reservatório (90 min.) :	$Vol_{reserv.}$ = 622,7 m³

Tubagem de aspiração

Diâmetro interior :	$D_{i\,asp.}$ = 311,3 mm
Comprimento :	$L_{real-asp.}$ = ? m
Comp.equiv. local :	$L_{local-asp.}$ = ? m
Altura - aspiração :	$h_{asp.}$ [1)] = ? m
Comp.equiv. total :	$L_{eq.-asp.}$ = ? m
Perda carga total :	$\Delta P_{total-asp.}$ = ? kPa
Avaliação global :	

Dimensionamento Conforme

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)
Característica:	0.2	2.1	2.2	3.1	3.2	Quadro 2	3.4	4.1	4.2	4.3	5.0	5.1	5.2	Quadros 1 e 5	5.5	6.1	6.2	7.1	7.2	7.3	7.4	8.1	8.2	9.1	9.2	

Codificação dos troços			Nº de Sprinklers		Comprimentos dos troços				Factor de caudal	Caudais		Tubo	Diâmetro normalizado			Designação	Pressões		Análise das Perdas de Carga - ΔP						Análise da Velocidade		Obs.
			simultâneo	total	real	altura	locais	equiv.		intermédio	cálculo	material	imposto	interior	exterior	tubo aço EN 10255	inicial	final	unitária	dinâmica	estática	total	acum.dinâm.	avaliação	troço	avaliação	
N	Início	Fim	$NS_{sim.troço}$	$NS_{troço}$	L_{real}	h [1)]	$L_{eq.local}$	$L_{eq.}$	K métrico	$Q_{Sub-ramal}$	$Q_{troço}$	Classe	$D_{i\,imposto}$	D_i	D	Série Média	P_i	P_f	J	$\Delta P_{dinâm.}$	$\Delta P_{estática}$	$\Delta P_{troço}$	$\Delta P_{acum.R.P.}$	$\Delta P_{acum.R.P.}$ = 75,0	V	0,5 ≤ V ≤ 4,5	Freq.
nº			nº	nº	m	m	m	m	l/min.bar^{0,5}	l/min	l/min	S235	mm	mm	mm	R / NPS	DN	kPa	kPa	kPa/m	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	m/s	m/s	nº
1	FA	G	42	168	50,10	4,50		65,13	695,0		4 941,87	Aço	200,0	206,5	219,1	8	DN 200	250,98	186,43	0,313	20,38	44,15	64,53	**20,38**	Conforme	2,46	Conforme	
2	G	F	42	156	24,00			31,20	695,0	842,82	4 941,87	Aço	150,0	155,1	165,1	6	DN 150	186,43	147,07	1,262	39,36		39,36	**59,74**	Conforme	4,36	Conforme	
3	F	E	35	60	3,00			3,90	695,0	832,78	4 099,06	Aço	150,0	155,1	165,1	6	DN 150	147,07	143,59	0,893	3,48		3,48	**63,22**	Conforme	3,62	Conforme	
4	E	D	28	48	3,00			3,90	695,0	826,12	3 266,27	Aço	150,0	155,1	165,1	6	DN 150	143,59	141,31	0,586	2,29		2,29	**65,51**	Conforme	2,88	Conforme	
5	D	C	21	36	3,00			3,90	695,0	816,76	2 440,15	Aço	125,0	129,7	139,7	5	DN 125	141,31	138,12	0,817	3,19		3,19	**68,70**	Conforme	3,08	Conforme	
6	C	B	14	24	3,00			3,90	695,0	812,31	1 623,39	Aço	125,0	129,7	139,7	5	DN 125	138,12	136,62	0,384	1,50		1,50	**70,20**	Conforme	2,05	Conforme	
7	B	A	7	12	3,00			3,90	695,0		811,08	Aço	125,0	129,7	139,7	5	DN 125	136,62	136,21	0,106	0,42		0,42	**70,61**	Conforme	1,02	Conforme	
8	A	S7	1	6	1,50			1,95	115,0	132,60	132,60	Aço	65,0	68,9	76,1	2 1/2	DN 65	136,21	136,05	0,081	0,16		0,16		Não aplicável	0,59	Conforme	
9	A	S6	6	6	1,50			1,95	115,0	132,60	678,48	Aço	65,0	68,9	76,1	2 1/2	DN 65	136,21	132,96	1,666	3,25		3,25		Não aplicável	3,03	Conforme	27
10	S6	S5	5	5	3,00			3,90	115,0	124,66	545,87	Aço	50,0	53,1	60,3	2	DN 50	132,96	117,51	3,962	15,45		15,45		Não aplicável	4,11	Conforme	28
11	S5	S4	4	4	3,00			3,90	115,0	119,48	421,21	Aço	50,0	53,1	60,3	2	DN 50	117,51	107,94	2,452	9,56		9,56		Não aplicável	3,17	Conforme	28
12	S4	S3	3	3	3,00			3,90	115,0	110,06	301,73	Aço		41,9	48,3	1 1/2	DN 40	107,94	91,59	4,194	16,36		16,36		Não aplicável	3,65	Conforme	28
13	S3	S2	2	2	3,00			3,90	115,0	100,78	191,68	Aço		36,0	42,4	1 1/4	DN 32	91,59	76,79	3,793	14,79		14,79		Não aplicável	3,14	Conforme	28
14	S2	S1	1	1	3,00			3,90	115,0	90,90	90,90	Aço		27,3	33,7	1	DN 25	76,79	62,48	3,670	14,31		14,31		Não aplicável	2,59	Conforme	28

Análise dos troços de tubagem da rede de sprinklers

Dados introduzidos para o dimensionamento — Decisões de optimização do dimensionamento

[1)] inserir valor (+) para troço ascendente e (-) para troço descendente.

Desenho da instalação
Imposições ou decisões
Calculado com fórmulas
Tabelas de especificações
Restrições / Alertas
Conclusões

Síntese do consumo de tubos de aço - tubagem de compressão:

84,00 m - 1	- Tubo de aço série M (DN 25)	30,00 m - 6	- Tubo de aço série M (DN 150)
84,00 m - 1 1/4	- Tubo de aço série M (DN 32)	50,10 m - 8	- Tubo de aço série M (DN 200)
84,00 m - 1 1/2	- Tubo de aço série M (DN 40)		
168,00 m - 2	- Tubo de aço série M (DN 50)		
42,00 m - 2 1/2	- Tubo de aço série M (DN 65)		
9,00 m - 5	- Tubo de aço série M (DN 125)		

Especificações gerais do sistema de canalização:
Tubos de Aço - Série Média (M) - Conformes **EN 10255** - Certific. **CERTIF**
Opção: Galvanizados conforme **EN 10240**.
Unidos mediante:
Acessórios Roscados em Ferro Fundido Maleável - Conforme **EN 10242**
Símbolo de Projecto **A** - Certificação **CERTIF** - Opção: Galvanizados.

$\Delta P_{acum.R.P.} \leq \Delta P_{acum.admissível}$ — $V \leq V_{admissível}$

Folha de Cálculo de distribuição gratuita. Para efeitos legais, declinamos qualquer responsabilidade sobre os resultados obtidos.

info@apta.pt
www.apta.pt
Autor: **Paulo Gomes**, Engº

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Instituto Português da Qualidade, NP EN 12845 - Sistemas fixos de combate a incêndio. Sistemas autmáticos de extinção por sprinklers. Conceção, instalação e manutenção, 2019.

[2] National Fire Protection Association, NFPA 13 - Standard for the installation of Sprinkler Systems, 2022.

[3] CEPREVEN, Instalaciones de Rociadores Automáticos. Soluciones de Diseño Comparadas: UNE-EN/NFPA/FM GLOBAL, Madrid: Editorial CEPREVEN, 2013.

[4] Lúsa e PÚBLICO, [Online]. Available: https://www.publico.pt/2023/09/24/sociedade/noticia/incendio-deflagra-fabrica-pneus-penafiel-2064448. [Acedido em Outubro 2023].

[5] Jornal de Notícias, [Online]. Available: https://www.jn.pt/6465579653/incendio-em-fabrica-de-castanheira-do-ribatejo-controlado-apos-quase-oito-horas/. [Acedido em Outubro 2023].

[6] Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil, "Anuário de Segurança contra Incêndios em Edifícios," 2022.

[7] Instituto Nacional de Estatística, "Relatório e Contas 2022".

[8] PORDATA, "Estatísticas sobre Portugal e Europa," Janeiro 2024. [Online]. Available: https://www.pordata.pt/portugal/pib+na+otica+da+producao+(base+2016)-2280-179827. [Acedido em Outubro 2023].

[9] J. Gowlett, "The discovery of fire by humans: a long and convoluted process," 2016.

[10] S. M. Carr, "Memorial University of Newfoundland," 2022. [Online]. Availabl https://www.mun.ca/biology/scarr/4270_The_Four_Elements.html. [Acedido em Outub 2023].

[11] NFPA , "Reporters Guide: All About Fire," [Online]. Available: https://www.nfpa.org/about-nfpa/press-room/reporters-guide-to-fire/all-about-fire. [Acedido em Outubro 2023].

[12] National Fire Protection Association, NFPA 921 - Guide for Fire and Explosion Investigations, 2021.

[13] Instituto Português da Qualidade, "NP 3874-1," *Segurança contra Inncêndio. Terminologia. Parte 1: Termos gerais e fenómenos do fogo,* 1994.

[14] SPFE, Handbook of Fire and the Environment, 2023.

[15] A. L. Coelho, Segurança contra incêndios em edifícios de habitação, ORION, 2010.

[16] Nacional Fire Protection Association, Fire Protection Handbook, 19 ed., vol. 1, Massachusetts, 2003.

[17] The Engineering ToolBox, "Fuels and Chemicals - Autoignition Temperatures," [Online]. Available: https://www.engineeringtoolbox.com/fuels-ignition-temperatures-d_171.html. [Acedido em Novembro 2023].

[18] D. Drysdale, An Introduction to Fire Dynamics, John Wiley & Sons Ltd, 1985.

[19] A. M. Guerra, J. A. Coelho e R. E. Leitão, Fenomenologia da combustão e extintores, Sintra: Escola Nacional de Bombeiros, 2006.

[20] M. C. Gonçalves, Segurança contra Incêndio em Edifícios. Capítulo 2: Incêndio em compartimento - Curvas de incêndio.

[21] Instituto Português da Qualidade, "Norma Portuguesa: Segurança contra incêndios. Agentes extintores. Seleção segundo a classe de fogos," *NP 1800: 2012,* 2012.

[22] M. C. Gonçalves, Capítulo 9 - Meios de extinção (Apresentações da disciplina de SCIE).

[23] Diário da Républica n.º220/2008, Série I, "Regime Jurídico de Segurança contra Incêndios em Edifícios," *Decreto-Lei n.º 220/2008,* 2008.

[24] Diário da República, "Regime jurídico da segurança contra incêndios em edifícios".*Decreto-Lei n.º 220/2008, Série I de 2008-11-12.*

[25] Ministério da Administração Interna, "Decreto-Lei n.º 220/2008 de 12 de Novembro".*Diário da República, 1.ª série - N.º 220.*

[26] Ministério das Obras Públicas - Gabinete do Ministro, "Diário do Governo n.º 166/1951, 1º Suplemento, Série I de 1951-08-07, páginas 715-729," *Decreto-Lei n.º 38382, de 7 de Agosto,* 1951.

[27] Carlos Ferreira de Castro, "1º Simpósio de Segurança contra Incêndios," em *Evolução da Legislação de SCIE*, LNEC, Lisboa, 2023.

[28] Administração Interna, "Diário da República n.º 107/2020, Série I de 2020-06-02," *Portaria n.º 135/2020,* 2 junho 2020.

[29] Diário da Républica, 1.ª Série, "Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndios em Edifícios," *Portaria n.º 135/2020,* 2020.

[30] Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil, "Notas Técnicas," [Online].

[31] António Leça Coelho, "1º Simpósio de Segurança contra Incêndios em Edifícios," em *Que Regulamentação queremos no futuro?*, LNEC, Lisboa, 2023.

[32] N. A. F. M. N. Ong e M. Z. M. Tohir, "SFPE Europe".*INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF PHOTOVOLTAIC (PV) SYSTEM COMPONENT AGING ON FIRE PROPERTIES FOR RESIDENTIAL ROOFTOP APPLICATIONS.*

[33] Zurich, "The challenges and risks of solar panels," 2021 Junho 18.

[34] Universidade de Coimbra, "Curso de Mestrado em Engenharia de segurança aos Incêndios Urbanos," [Online]. Available: https://apps.uc.pt/courses/PT/programme/9621/2023-2024?id_branch=21863#branch-21863.

[35] The University of Edinburgh, "Fire Engineering Science MSc," Janeiro 2024. [Online]. Available: https://www.ed.ac.uk/studying/postgraduate/degrees/index.php?r=site/view&id=1082.

[36] Ulster University, "Fire Safety Engineering - PgDIP, MSc," Janeiro 2024. [Online]. Available: https://www.ulster.ac.uk/courses/202324/fire-safety-engineering-30186#modules.

[37] Ghent University, "Postgraduate Studies in Fire Safety Engineering," [Online]. Available: https://studiekiezer.ugent.be/2021/postgraduate-studies-in-fire-safety-engineering-en/programma.

[38] APSEI - Associação Portuguesa de Segurança, "Curso Projetistas de 2.ª, 3.ª e 4.ª Categorias de Risco," [Online]. Available: https://apsei.org.pt/cursos/projetistas-de-scie-da-2-a-3-a-e-4-a-categorias-de-risco/.

[39] CEN & cenelec, "European Standards," [Online]. Available: https://cencenelec.eu/european-standardization/european-standards/.

[40] European Comisson, "Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs - European Standards," [Online]. Available: https://single-market-economy.ec.europa.eu/single-market/european-standards_en.

[41] CEN, "About CEN - CEN Communities," [Online]. Available: https://standards.cencenelec.eu/dyn/www/f?p=CEN:5.

[42] NFPA, "About us," [Online]. Available: https://www.nfpa.org/About-NFPA.

[43] B. Beers, A. Drury e H. D. Jasperson, "Investopedia, A Brief Overview of the Insurance Sector," 2023 Maio 16. [Online]. Available: https://www.investopedia.com/ask/answers/051915/how-does-insurance-sector-work.asp.

[44] FM Global, "Our History - How Resilience Became a Business Practice," [Online]. Available: https://www.fmglobal.com/about-us/our-business/our-history.

[45] Administração Interna., "Despacho n.º 8954/2020".*Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil.*

[46] National Fire Protection Assocoation, NFPA 101 - Life Safety Code, 2021.

[47] National Fire Protection Association, NFPA 400 - Hazardous Materials Code, 2022.

[48] National Fire Protection Association, NFPA 30 - Flammable and Combustible Liquids Code, 2021.

[49] National Fire Protection Association, NFPA 70 - National Electrical Code, 2023.

[50] National Fire Protection Association, NFPA 704 - Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response, 2022.

[51] F. Global, Data Sheet 2.0: Instalation Guidelines for Automatic Sprinklers, 2024.

[52] FM Global, 3-26 Fire Protection for Nonstorage Occupancies, 2021.

[53] FM Global, Data Sheet 8-1: Commodity Classification, 2023.

[54] FM Global, 8-9 Storage of Class 1, 2, 3, 4 and Plastic Commodities, 2022.

[55] Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil, Nota Técnica N.º 16 - Sistemas Automáticos de Extinção de Incêndios por Água, 2020.

[56] International Organization for Standardization, ISO 6182 - Firw Protection - Automatic sprinkler systems. Part 1: Requirements and test methods for sprinklers, 2014.

[57] Rapidrop, "Rapidrop RD043 K115 SSP Pendent Standard Response Sprinkler in Slow Motion," [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=uJmTWyGpoFs.

[58] Firecentertv, "Teste de Sprinkler 3 Tyco K 25 ESFR 45' Storage side xvid," [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=WVl741S9nkI.

[59] TYCO, Sprinkler Spray Patterns, 2023.

[60] Allianz Risk Consulting, "FIRE HAZARDS OF PHOTOVOLTAIC (PV) SYSTEMS," *Tech Talk Volume 8,* 2019.

[61] FM Global, "Property Loss Prevention Data Sheets 1-15," *Roof-Mounted Solar Photovoltaic Panels,* janeiro 2024.

[62] Paulo Gomes, APTA - Associação de Produtores de Tubos e Acessórios, Manual do Projetista #2 - Dimensionamento hidráulico de tubagens de aço em redes húmidas de segurança contra incêndios com sprinklers, 2022.

[63] J. Lyzwa e J. Zehfuß, "Thermal material Properties of concrete in the cooling phase," em *ASFE Conference*, 2017.

[64] Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil, Segurança cntra Incêndios em Edifícios - Nota Técnica 18 - Sistemas de cortina de água.

[65] Reliable, "Reliable Sprinkler," [Online]. Available: https://www.reliablesprinkler.com/featured-solutions/in-rack-fire-sprinkler-solutions/.

[66] Apex , “Apex Companies,” [Online]. Available: https://www.apexwarehousesystems.com/how-do-the-new-pallet-rack-fire-codes-affect-your-rack-design/.

[67] S. Wolin e A. Luis, “Anraci,” [Online]. Available: https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fanraci.org%2Fwp-content%2Fuploads%2F2018%2F11%2FANRACI-2018-New-In-rack-Storage-Criteria.pdf&psig=AOvVaw2e4LfTpKpEElyA-iNmH9fw&ust=1708285306822000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBUQjhxqFwoTCOCK5O.

[68] B. O'Conner, “NFPA,” 13 Novembro 2023. [Online]. Available: https://www.nfpa.org/news-blogs-and-articles/blogs/2023/11/13/sprinkler-piping-arrangements. [Acedido em Dezembro 2023].