U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE EXTINÇÃO DE INCÊNDIOS EM EDIFÍCIOS

Estudo de caso: Arquivo Municipal

PAULO MANUEL DE SOUSA BARROS

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

FEVEREIRO DE 2017

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2016/2017

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉feup@fe.up.pt

http://www.fe.up.pt

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2016/2017 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2017*.

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.

Desde sempre merecido, dedico este trabalho
aos meus Pais:

Manuel Olímpio Couto de Barros e
Maria José de Sousa Gomes Barros.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi resultado de ensinamentos académicos adquiridos, bem como, de experiências profissionais tidas até hoje, da troca de conhecimentos entre colegas e da ajuda de pessoas e entidades, às quais quero agradecer:

Ao Professor Doutor Miguel Jorge Chichorro Rodrigues Gonçalves, pela sua orientação neste trabalho, por todo o apoio e atenção dados desde o primeiro dia e pela visão que passa sobre a segurança contra incêndios e que tive o privilégio de receber durante as reuniões de trabalho;

À Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, pelas condições e ensino de excelência que proporciona aos seus estudantes;

Ao Instituto Superior de Engenharia do Porto, por me ter permitido obter parte da minha formação de base em Engenharia Civil em regime pós-laboral enquanto trabalhava;

À SERTAF, na pessoa do meu Pai, que foi o meu primeiro professor de Construções e com quem aprendo ainda hoje;

À CIVIGEST, nas pessoas do Sr. Eng.º Carlos Azevedo e Sr. Eng.º Nuno Vidal, onde tive oportunidade de trabalhar no caso de estudo escolhido para este trabalho, pelos ensinamentos e pelos desafios confiados;

À P2i, nas pessoas da Sra. Eng.ª Paula Carvalho e do Sr. Eng.º Pedro Pequito, pela disponibilidade, pelas correções feitas e por todo o apoio prestado nas soluções de extinção automática por gases.

À SEPREVE, na pessoa do Sr. Eng.º António Fernandes, por toda a informação partilhada e apoio prestado na solução de extinção por gás inerte.

À SIEMENS, na pessoa do Sr. Eng.º Luís Santos, pelos esclarecimentos sobre sistemas de extinção automática por gases e respetivos sistemas de deteção, ativação e alarme.

À EFAFLU, na pessoa do Sr. Eng.º Ricardo Peixoto e à GRUNDFOS, na pessoa do Sr. Eng.º José Azeredo, por toda a informação e apoio prestado quanto às centrais de bombagem.

À APTA, na pessoa do Sr. Eng.º Paulo Gomes, por toda a informação disponibilizada sobre sprinklers.

À TECOPE, na pessoa da Sra. Eng.ª Fátima Martins, pelo apoio prestado nas soluções de envidraçados corta-fogo.

À TECNIQUITEL, na pessoa do Sr. Eng.º António Rosa Gomes, pelo importante apoio e esclarecimentos de última hora prestados sobre sistemas de água nebulizada.

A todos os colegas de trabalho pela partilha de conhecimentos nestes anos e a todos os amigos pelo apoio, em particular, aos que chegaram a partilhar parte deste percurso, nomeadamente, o Jorge Mota e o Ricardo Andrade. Ao colega e amigo Márcio Custódio, deixo uma nota de gratidão em sua memória.

Aos meus Pais, às minhas irmãs Marisa, Rita e Sofia e ao meu irmão Levi, por tudo.

RESUMO

Depois das medidas de prevenção falharem, as medidas ativas de extinção de incêndio constituem a principal valência para estancar o desenvolvimento de um incêndio, podendo evitar que as medidas passivas de resistência ao fogo sejam solicitadas. Espera-se que os meios de extinção sejam utilizados nas fases mais precoces do desenvolvimento de um incêndio, de forma a salvaguardar vidas humanas, proteger o ambiente, preservar bens culturais, bem como, garantir a continuidade dos serviços e das atividades desenvolvidas nas indústrias, empresas e instituições e contribuir para a integridade estrutural dos edifícios.

Pretende-se com este trabalho estudar os sistemas de extinção que permitam mitigar esses efeitos nefastos dos incêndios, logo nas fases mais precoces do seu desenvolvimento.

Pretende-se estudar os tipos de sistemas e tecnologias existentes nos dias de hoje, a sua adequabilidade ao tipo de fogos, tipo de utilizações dos edifícios, as vantagens na utilização de meios de extinção automáticos e a sua integração com os meios de extinção manuais.

Pretende-se estudar o impacto dos vários agentes extintores utilizados nos sistemas de extinção automáticos sobre vários pontos de vista, como seja, o ambiental, da segurança para os ocupantes dos edifícios, do económico, do impacto na arquitetura ou das consequências para a integridade dos próprios edifícios e dos bens patrimoniais neles existentes.

Pretende-se fazer um enquadramento regulamentar e abordar o seu dimensionamento e regras de projeto, de acordo com as normas nacionais e europeias.

Para alcançar essas pretensões, procurou-se explorar todos estes aspetos num caso de estudo, onde fosse possível abordar diferentes tipos de sistemas de extinção automática de incêndios.

Abordaram-se os métodos de dimensionamento e de projeto, pelas normas europeias sobre a matéria.

Foram desenvolvidas folhas de cálculo para o efeito e utilizadas tabelas de pré-dimensionamento.

Realizaram-se análises de custos, fundamentadas com cotações de fabricantes da especialidade e em estimativas orçamentais elaboradas para o efeito.

No caso de estudo escolhido, conseguiram-se aplicar sistemas de extinção automática de vários tipos, nomeadamente, um sistema por água pulverizada (com cortinas de água integradas), um sistema por gás inerte, um sistema por gás químico e um sistema por água nebulizada.

No final fez-se uma análise técnico-económica entre os diferentes sistemas, de onde se retiraram conclusões que, embora apenas sejam aplicáveis ao caso de estudo, não podendo ser extrapoladas para outros exemplos, espera-se que a abordagem seguida seja útil para outros casos.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas automáticos de extinção de incêndios, Sprinklers, Cortinas de água, Sistemas de extinção a gás, Água nebulizada.

ABSTRACT

After the preventive measures fail, the active fire extinguishing measures are the main valence to stop the development of a fire and can avoid that the passive measures of resistance to fire are requested. Extinguishing media are expected to be used in the earliest stages of fire development, looking to safeguard human lives, protect the environment, preserve cultural assets, and ensure continuity of services and activities in industries, enterprises and institutions and contribute to the structural integrity of buildings.

The aim of this work is to study the extinguishing systems that allow to mitigate these harmful effects of the fires, at the earliest stages of their development.

It is intended to study the types of systems and technologies that exist today, their suitability for the type of fires, type of uses of buildings, advantages in the use of automatic extinguishing media and their integration with manual extinguishing media.

It is intended to study the impact of the various extinguishing agents used in automatic fire extinguishing systems from various points of view, such as environmental, safety for occupants of buildings, economic impact, architectural impact or consequences for the integrity of the own buildings and their assets.

It is intended to make a regulatory overview and approach the design of systems, in accordance with National and European standards.

In order to achieve this, were tried to explore all these aspects in a case study, where was possible to approach different types of fire extinguishing systems.

Design methods were approached by European standards on the subject.

Have been developed spreadsheets for this purpose and have been used pre-design tables.

Cost analysis were carried out, based on manufacturers budgets and on cost estimates prepared for this purpose.

In the chosen case study, automatic extinguishing systems of various types have been applied, namely a sprinkler system (with integrated water curtains), an inert gas system, a chemical gas system and a watermist system.

At the end, a technical-economic analysis was carried out between the different systems, from which conclusions were drawn and, although they are only applicable to the case study (which cannot be extrapolated to other examples), it is expected that the approach followed will be useful for other cases.

KEYWORDS: Automatic fire extinguishing systems, Sprinklers, Water curtains, Gas extinguishing systems, Watermist.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS ..... **VII**

RESUMO ..... **IX**

ABSTRACT ..... **XI**

ABREVIATURAS ..... **XXVI**

1 INTRODUÇÃO **1**

1.1 MOTIVAÇÃO **1**

1.2 ENQUADRAMENTO **1**

1.3 OBJETIVOS **2**

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO **2**

2 ESTADO DA ARTE **3**

2.1 ENQUADRAMENTO DOS MEIOS DE EXTINÇÃO NA FILOSOFIA DE SCIE **3**

2.2 ADEQUABILIDADE DOS MEIOS DE EXTINÇÃO DE INCÊNDIOS EM EDIFÍCIOS **4**

2.3 DESENVOLVIMENTO DE INCÊNDIOS EM EDIFÍCIOS E A UTILIZAÇÃO DE SAEI **4**

2.3.1 PRODUTOS DE COMBUSTÃO GERADOS NUM INCÊNDIO 4

2.3.1.1 Generalidades 4

2.3.1.2 Calor 5

2.3.1.3 Radiação luminosa 6

2.3.1.4 Gases combustíveis 6

2.3.1.5 Fumos e aerossóis 6

2.3.1.6 Produtos não voláteis 7

2.3.2 DESENVOLVIMENTO TÍPICO DOS INCÊNDIOS EM COMPARTIMENTOS DE EDIFÍCIOS 7

2.3.2.1 Generalidades 7

2.3.2.2 SAEI e o tempo de desenvolvimento dos incêndios em compartimentos 8

2.4 AGENTES DE EXTINÇÃO PARA SAEI **10**

2.4.1 GENERALIDADES 10

2.4.2 MECANISMOS DE EXTINÇÃO 10

2.4.3 ÁGUA 11

2.4.4 PÓ QUÍMICO 11

2.4.5 ESPUMAS 12

2.4.6 GASES EXTINTORES 12

2.4.1 ADEQUABILIDADE DO AGENTE EXTINTOR AO TIPO DE FOGOS 13

2.4.2 AGENTE EXTINTOR PADRÃO 14
2.5 SAEI E OS OUTROS MEIOS DE EXTINÇÃO DE INCÊNDIOS 14
2.5.1 ENQUADRAMENTO DOS SAEI COM OUTROS MEIOS DE EXTINÇÃO 14
2.5.2 ENQUADRAMENTO DOS SAEI NOS PROCEDIMENTOS DE EMERGÊNCIA 15
2.6 TIPOS DE SAEI 16
2.6.1 GENERALIDADES 16
2.6.2 SAEI POR ÁGUA PULVERIZADA 17
2.6.2.1 Surgimento e aplicabilidade dos sistemas de sprinklers 17
2.6.2.2 Constituição dos sistemas de sprinklers 18
2.6.2.3 Classes de risco em sistemas de sprinklers 23
2.6.2.4 Sistemas de sprinklers do tipo húmido 25
2.6.2.5 Sistemas de sprinklers do tipo seco 27
2.6.2.6 Sistemas de sprinklers do tipo alternado 30
2.6.2.7 Sistemas de sprinklers do tipo dilúvio 30
2.6.2.8 Sistemas de sprinklers do tipo pré-ação 32
2.6.2.9 Sistemas tipo cortina água 35
2.6.3 SAEI POR GASES 37
2.6.3.1 Evolução dos sistemas de extinção automática por gases 37
2.6.3.2 Gases utilizados nos sistemas de extinção automática de incêndios em edifícios 38
2.6.3.3 SAEIG utilizando dióxido de carbono 38
2.6.3.4 SAEIG utilizando gases inertes “limpos” 42
2.6.3.5 SAEIG utilizando agentes químicos “limpos” 47
2.6.3.6 Constituição dos sistemas de extinção automática de incêndios por gases 53
2.6.4 SAEI POR ÁGUA NEBULIZADA 59
2.6.4.1 Surgimento dos SAEI por água nebulizada 59
2.6.4.2 Aplicabilidade dos SAEI por água nebulizada 59
2.6.4.3 Níveis de extinção a atingir 60
2.6.4.4 Mecanismos de extinção em SAEI por água nebulizada 62
2.6.4.5 Segurança na utilização de água nebulizada para os ocupantes 63
2.6.4.6 Estanqueidade dos compartimentos durante a descarga 63
2.6.4.7 Constituição de SAEI por água nebulizada 63
2.6.4.8 Classes de risco em sistemas por água nebulizada 67
2.6.5 SAEI POR OUTROS AGENTES EXTINTORES 67

2.7 ENQUADRAMENTO REGULAMENTAR DOS SAEI 68
2.7.1 RISCO DE INCÊNDIO PELO RJ-SCIE 68
2.7.2 ENQUADRAMENTO REGULAMENTAR DA UTILIZAÇÃO DE SAEI 70
2.7.3 GRAU DE PRONTIDÃO DOS MEIOS DE SOCORRO 71
3 CASO DE ESTUDO 73
3.1 DESCRIÇÃO GERAL 73
3.2 CLASSIFICAÇÃO DO RISCO 79
3.2.1 UTILIZAÇÃO-TIPO 79
3.2.2 ALTURA DO EDIFÍCIO 79
3.2.3 NÚMERO DE PISOS ABAIXO DO PLANO DE REFERÊNCIA 79
3.2.4 EFETIVO 79
3.2.5 CARGA DE INCÊNDIO MODIFICADA 80
3.2.6 CATEGORIA DE RISCO DA UT 82
3.2.7 LOCAIS DE RISCO 82
3.3 MEDIDAS DE SEGURANÇA APLICADAS 82
3.4 COMPARTIMENTAÇÃO CORTA-FOGO IDEALIZADA 83
3.5 MEIOS DE EXTINÇÃO MANUAL DE INCÊNDIOS 88
3.5.1 GRAU DE PRONTIDÃO PARA OS MEIOS DE SOCORRO 88
3.5.2 HIDRANTE EXTERIOR 90
3.5.3 EXTINTORES 94
3.5.4 REDE PARA COMBATE MANUAL DE 1ª INTERVENÇÃO (RIA) 98
3.5.4.1 Enquadramento regulamentar da utilização da RIA 98
3.5.4.2 Traçado da RIA 98
3.5.4.3 Cálculo hidráulico da RIA 102
3.5.4.4 Dimensionamento do reservatório de água privativo para serviço de incêndio (RASI) 104
3.5.4.5 Dimensionamento da conduta adutora da RIA 105
3.5.4.6 Dimensionamento do ramal de alimentação da RIA e de ligação à rede pública 106
3.5.4.7 Dimensionamento da central de bombagem para serviço de incêndio (CBSI) 107
4 SAEI – APLICAÇÕES NO CASO DE ESTUDO 113
4.1 ENQUADRAMENTO DA UTILIZAÇÃO DE SAEI DE ACORDO COM O RT-SCIE 113
4.2 SELEÇÃO DO AGENTE EXTINTOR A UTILIZAR NO SAEI 113
4.3 ESTUDO DE UM SAEI POR AGENTE QUÍMICO 117
4.4 ESTUDO DE UM SAEI POR GÁS INERTE 122

4.5 ESTUDO DE UM SAEI POR ÁGUA PULVERIZADA (SPRINKLERS) 128
4.5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS 128
4.5.2 ENQUADRAMENTO DA CLASSE DE RISCO 128
4.5.3 CONCEÇÃO DA REDE 128
4.5.4 PRÉ-DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DE PRÉ-CÁLCULOS 131
4.5.5 DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DE CÁLCULOS HIDRÁULICOS 138
4.6 ESTUDO DE UM SAEI POR ÁGUA NEBULIZADA (WATERMIST) 148
4.6.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS 148
4.6.2 ENQUADRAMENTO DA CLASSE DE RISCO E OBJETIVOS DE PROTEÇÃO 148
4.6.3 CONCEÇÃO DA REDE 148
4.6.4 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO 151
4.6.5 AUTONOMIA DO SISTEMA POR ÁGUA NEBULIZADA 158
4.7 ANÁLISE TÉCNICO-ECONÓMICA DOS SAEI ESTUDADOS 160
4.7.1 ANÁLISE DE SOLUÇÕES DE PROTEÇÃO DE ENVIDRAÇADOS ATRAVÉS DE CORTINAS DE ÁGUA 160
4.7.2 COMPARAÇÃO ECONÓMICA DOS SAEI ESTUDADOS 164
4.7.3 COMPARAÇÃO GLOBAL DOS SAEI ESTUDADOS 167
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 171
5.1 CONCLUSÕES 171
5.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS 173
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 175
ANEXOS 183
ANEXO A – FOLHAS DE CÁLCULO 185
A.1. FOLHA DE CÁLCULO DA RIA 187
A.2. FOLHAS DE DIMENSIONAMENTO DO SAEI- GÁS NOVEC 1230 188
A.3. TABELAS DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO DO SAEI- GÁS IG 55 204
A.4. FOLHAS DE CÁLCULO DO SAEI – ÁGUA PULVERIZADA (SPRINKLERS) 205
A.5. FOLHAS DE CÁLCULO DO SAEI – ÁGUA NEBULIZADA (WATERMIST) 211
A.6. FOLHAS DE CÁLCULO DO RASI 216
A.7. DIMENSIONAMENTO DA CBSI 225
ANEXO B – ESTIMATIVAS ORÇAMENTAIS 231
B.1. ESTIMATIVA ORÇAMENTAL DOS ENVIDRAÇADOS RESISTENTES AO FOGO 233
B.2. ESTIMATIVAS ORÇAMENTAIS DOS MEIOS DE EXTINÇÃO A ÁGUA 236
B.3. ESTIMATIVAS ORÇAMENTAIS DOS MEIOS DE EXTINÇÃO A GÁS 247

B.4. ESTIMATIVAS ORÇAMENTAIS DOS MEIOS DE EXTINÇÃO POR ÁGUA NEBULIZADA 251
ANEXO C – REQUISITOS DE PROJETO DE MEIOS COMPLEMENTARES AOS SAEI ... 253
C.1. INTRODUÇÃO 255
C.2. REDES EXTERIORES PARA HIDRANTES 255
C.3. EXTINTORES E OUTROS MEIOS PORTÁTEIS 261
C.4. REDES FIXAS INTERIORES PARA EXTINÇÃO MANUAL 265
C.5. RESERVATÓRIOS DE FORNECIMENTO DE ÁGUA 275
C.6. CENTRAIS DE BOMBAGEM PARA SERVIÇO DE INCÊNDIO 279
ANEXO D – CONCEITOS DE HIDRÁULICA UTILIZADOS NA FORMULAÇÃO 287
D.1. PROPRIEDADES DA ÁGUA 289
D.2. ESCOAMENTOS EM PRESSÃO 290
D.3. SISTEMAS DE BOMBAGEM 298
ANEXO E – TABELAS COM OS DIÂMETROS DA TUBAGEM UTILIZADA 303
E.1. TUBAGEM EM AÇO PARA REDES PREDIAIS DE INCÊNDIO 305
E.2. TUBAGEM EM AÇO-INOX PARA REDES PREDIAIS DE INCÊNDIO 306
E.3. TUBAGEM EM PVC PARA INFRAESTRUTURAS DE HIDRANTES 307

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Mecanismos de transferência de calor. Fonte: [4]. 5
Figura 2.2 – Fases de desenvolvimento de um incêndio. Fonte: [4]. 8
Figura 2.3 – Desenvolvimento de um incêndio VS meios de intervenção. Fonte: [7]. 8
Figura 2.4 – Desenvolvimento de um incêndio no tempo VS meios de intervenção. Adaptado de: [8]. 9
Figura 2.5 – Tetraedro do fogo. Fonte: [10]. 10
Figura 2.6 – Fluxograma de um plano de emergência genérico. Adaptado de: [13]. 16
Figura 2.7 – Parmalee sprinkler [15] 17
Figura 2.8 – Componentes principais de um sistema de sprinklers. Adaptado de: [16]. 18
Figura 2.9 – Configurações típicas de um sistema de sprinklers. Adaptado de: [16]. 19
Figura 2.10 – Constituição de sprinklers do tipo standard. Adaptado de: [18]. 21
Figura 2.11 – Exemplos de atuadores térmicos de sprinklers do tipo standard. Fonte: [18]. 21
Figura 2.12 – Esquema de instalação de sprinklers do tipo húmido. Adaptado de: [23]. 25
Figura 2.13 – Esquema da válvula de retenção e alarme (sistema húmido). Adaptado de: [24]. 26
Figura 2.14 – Esquema de instalação de sprinklers do tipo seco. Adaptado de: [23] 28
Figura 2.15 – Esquema da válvula de retenção de um sistema do tipo seco. Adaptado de: [25]. 29
Figura 2.16 – Esquema de instalação de sprinklers do tipo dilúvio. Adaptado de: [23] 31
Figura 2.17 – Esquema da válvula de retenção, do tipo inundação ou dilúvio. Adaptado de: [27]. 32
Figura 2.18 – Posto de controlo para sistemas de pré-ação tipo A. Adaptado de: [28]. 33
Figura 2.19 – Posto de controlo para sistemas de pré-ação tipo B. Adaptado de: [29]. 34
Figura 2.20 – Esquema da atuação de uma cortina de água sobre um envidraçado. Fonte: [30]. 35
Figura 2.21 – Aspersores para cortinas de água do tipo dilúvio. Adaptado de [33]. 36
Figura 2.22 – Aspersores para cortinas de água do tipo “fechado”. Adaptado de: [34]. 36
Figura 2.23 – Andamento da variação de pressão num compartimento após descarga de um SAEIG de inundação total com gás inerte [54]. 47
Figura 2.24 – Andamento da variação de pressão num compartimento após descarga de um SAEIG de inundação total com agente halocarbonado [54]. 53
Figura 2.25 – SAEIG de inundação total num compartimento[59]. 54
Figura 2.26 – SAEIG de aplicação local num equipamento não confinado [60]. 54
Figura 2.27 – SAEIG de aplicação localizada num equipamento confinado em armário próprio. 54
Figura 2.28 – Esquema de SAEIG de inundação total tipo individual ou modular [63]. 55
Figura 2.29 – Esquema de SAEIG de inundação total tipo múltipla-zona ou coletivo [63]. 55

Figura 2.30 – Esquema de montagem de reservatórios de armazenagem de um SAEIG de inundação total tipo múltipla-zona ou centralizado [64]. 56

Figura 2.31 – Bocais de descarga de SAEIG [63]. 57

Figura 2.32 – Interações num sistema de deteção, controlo e atuação de SAEIG. Adaptado de [65]. 57

Figura 2.33 – Grelha de alívio de pressão em SAEIG [66]. 58

Figura 2.34 – Proteção de um reservatório de propano com SAEI por água nebulizada. Fonte: [68]. 60

Figura 2.35 – Níveis de proteção na extinção de incêndios. Adaptado de [69]. 60

Figura 2.36 – Proteção ao nível da extinção do incêndio. Adaptado de: [72]. 61

Figura 2.37 – Proteção ao nível da supressão do incêndio. Adaptado de: [72]. 61

Figura 2.38 – Proteção ao nível do controlo do incêndio. Adaptado de: [72]. 61

Figura 2.39 – Influência da dimensão das partículas de água na superfície de vaporização. Adaptado de [73]. 62

Figura 2.40 – Efeito de abafamento junto às chamas nos sistemas tipo water mist [74]. 62

Figura 2.41 – Tipos de aspersores de água nebulizada. Fonte: [74]. 64

Figura 2.42 – Constituição típica de um SAEI por água nebulizada. Adaptado de: [75]. 64

Figura 2.43 – Esquema de bocal tipo twin fluid nozzle. Fonte: [68]. 65

Figura 2.44 – Tipos de centrais de pressurização. Fonte: [76]. 66

Figura 3.1 – Localização do edifício (extraída do Google Earth). 73

Figura 3.2 – Fotografia das fachadas principais dos edifícios existentes. 74

Figura 3.3 – Alçado principal do edifício a construir. 75

Figura 3.4 – Planta do R/C. 76

Figura 3.5 – Planta do 1.º andar. 76

Figura 3.6 – Planta do 2.º andar. 77

Figura 3.7 – Planta do 3.º andar. 77

Figura 3.8 – Planta da cobertura. 78

Figura 3.9 – Corte C. 78

Figura 3.10 – Planta do R/C com representação da compartimentação corta-fogo. 85

Figura 3.11 – Planta do 1.º andar com representação da compartimentação corta-fogo. 85

Figura 3.12 – Planta do 2.º andar com representação da compartimentação corta-fogo. 86

Figura 3.13 – Planta do 3.º andar com representação da compartimentação corta-fogo. 86

Figura 3.14 – Corte C com representação da compartimentação corta-fogo. 87

Figura 3.15 – Exemplo de selagem corta-fogo em atravessamento de lajes. Fonte: [79]. 87

Figura 3.16 – Distância entre o edifício a construir e a corporação de bombeiros local. Fonte: Google Earth. 88

Figura 3.17 – Largura do arruamento em zona de estacionamento. Fonte: Google Earth. 89
Figura 3.18 – Acessibilidades aos veículos dos bombeiros. 90
Figura 3.19 – Extrato da planta da rede pública de distribuição de água fornecida pela Adra. 91
Figura 3.20 – Localização proposta para o marco de incêndio a instalar. 92
Figura 3.21 – Temperaturas do ar em Aveiro, entre 1980-2010. Fonte: [81]. 93
Figura 3.22 – Pormenor tipo proposto para a ligação do hidrante de coluna. 93
Figura 3.23 – Planta do R/C com posicionamento dos extintores portáteis. 96
Figura 3.24 – Planta do 1.º andar com posicionamento dos extintores portáteis. 96
Figura 3.25 – Planta do 2.º andar com posicionamento dos extintores portáteis. 97
Figura 3.26 – Planta do 3.º andar com posicionamento dos extintores portáteis. 97
Figura 3.27 – Corte E com representação esquemática da RIA. 99
Figura 3.28 – Planta do R/C com representação da RIA e posicionamento das BIATC. 100
Figura 3.29 – Planta do 1.º andar com representação da RIA e posicionamento das BIATC. 101
Figura 3.30 – Planta do 2.º andar com representação da RIA e posicionamento das BIATC. 101
Figura 3.31 – Planta do 3.º andar com representação da RIA e posicionamento das BIATC. 102
Figura 3.32 – Traçado isométrico da RIA. 103
Figura 3.33 – Planta de fundo do RASI. 105
Figura 3.34 – Corte esquemático do RASI. 105
Figura 3.35 – Traçado isométrico da RIA com diâmetros. 107
Figura 3.36 – Curva de funcionamento da CBSI para pressurização da RIA. 109
Figura 3.37 – Planta esquemática da casa das bombas de incêndio. 110
Figura 3.38 – Corte esquemático da casa das bombas de incêndio. 111
Figura 4.1 – Disposição dos armários nos compartimentos de arquivo do edifício em estudo. 115
Figura 4.2 – Caraterísticas dos cilindros de agente extintor NOVEC 1230. Adaptado de: [87]. 118
Figura 4.3 – Planta do R/C com representação do SAEI por NOVEC 1230. 120
Figura 4.4 – Planta do 1.º andar com representação do SAEI por NOVEC 1230. 120
Figura 4.5 – Planta do 2.º andar com representação do SAEI por NOVEC 1230. 121
Figura 4.6 – Planta do 3.º andar com representação do SAEI por NOVEC 1230. 121
Figura 4.7 – Caraterísticas dos cilindros de IG 55. Adaptado de: [90]. 123
Figura 4.8 – Planta do R/C com representação do SAEI por IG 55. 126
Figura 4.9 – Planta do 1.º andar com representação do SAEI por IG 55. 126
Figura 4.10 – Planta do 2.º andar com representação do SAEI por IG 55. 127
Figura 4.11 – Planta do 3.º andar com representação do SAEI por IG 55. 127

Figura 4.12 – Configuração do SAEI por água pulverizada no r/c. 129
Figura 4.13 – Configuração do SAEI por água pulverizada no 1.º andar. 130
Figura 4.14 – Configuração do SAEI por água pulverizada no 2.º andar. 130
Figura 4.15 – Configuração do SAEI por água pulverizada no 3.º andar. 131
Figura 4.16 – Diâmetros dos sub-ramais e ramais de distribuição no R/C (sistema pré-calculado). . 134
Figura 4.17 – Diâmetros dos sub-ramais e ramais de distribuição no 1.º andar (pré-calculos). 135
Figura 4.18 – Diâmetros dos sub-ramais e ramais de distribuição no 2.º andar (pré-calculos). 135
Figura 4.19 – Diâmetros dos sub-ramais e ramais de distribuição no 3.º andar (pré-calculos). 136
Figura 4.20 – Isometria da rede sprinklers com diâmetros dos ramais principais (pré-calculos). 137
Figura 4.21 – Isometria do SAEI por água pulverizada com cenários de cálculo considerados. 140
Figura 4.22 – Diâmetros finais da rede de sprinklers (cálculo hidráulico). 143
Figura 4.23 – Curva de funcionamento – EFAFLU STOPFIRE EN EDJ 45/40. 145
Figura 4.24 – CBSI - EFAFLU STOPFIRE EN EDJ 45/40. 146
Figura 4.25 – Dimensões em planta do RASI (carretéis + cortinas de água + sprinklers: autonomia de 60 min). 147
Figura 4.26 – Configuração do SAEI por água nebulizada no r/c. 149
Figura 4.27 – Configuração do SAEI por água nebulizada no 1.º andar. 150
Figura 4.28 – Configuração do SAEI por água nebulizada no 2.º andar. 150
Figura 4.29 – Configuração do SAEI por água nebulizada no 3.º andar. 151
Figura 4.30 – Isometria do SAEI por água nebulizada com os cenários de cálculo considerados. ... 152
Figura 4.31 – Diâmetros finais da rede de água nebulizada (cálculo hidráulico). 156
Figura 4.32 – Central de bombagem para o serviço de incêndio – HI-FOG MSPU04. 158
Figura 4.33 – Constituição típica de envidraçados resistentes e isolantes ao fogo (EI). Adaptado de: [94]. 160
Figura 4.34 – Cortina de água de proteção a um envidraçado. Adaptado de: [34]. 161
Figura 4.35 – Isometria da rede de cortinas de água. 162
Figura 5.1 – Pormenor de instalação de contador do RMAADAR - AVEIRO [80]. 269
Figura 5.2 – Pontos de funcionamento de uma bomba de incêndio segundo a EN 12845 [10]. 283
Figura 5.3 – Princípio de conservação de energia – Teorema de Bernoulli 293
Figura 5.4 – Alturas de elevação de uma bomba 298

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 – Risco dos compartimentos de acordo com a sua carga de incêndio. Fonte: [2]. 6

Quadro 2.2 – Adequabilidade dos agentes extintores a cada tipo de fogo. Adaptado de: [4]. 13

Quadro 2.3 – Equivalência de produtos extintores [12]. 14

Quadro 2.4 – Temperaturas de ativação de sprinklers [21]. 22

Quadro 2.5 – Coeficiente K, medido em ensaios de sprinklers, entre pressões de 0,5 a 6,5 bar [20]. 23

Quadro 2.6 – Exemplos de utilizações da classe de risco LH [16]. 24

Quadro 2.7 – Exemplos de utilizações da classe de risco OH [16]. 24

Quadro 2.8 – Exemplos de utilizações da classe de risco HH [16]. 24

Quadro 2.9 – Nº máximo de sprinklers alimentados por ramificações subsidiárias em sistemas húmidos [16]. 26

Quadro 2.10 – Nº máximo de sprinklers alimentados com líquido anti-congelante [16]. 27

Quadro 2.11 – Cobertura máxima de sistemas de sprinklers do tipo húmido e do tipo pré-ação [16]. 27

Quadro 2.12 – Extensão máxima de sistemas de sprinklers do tipo seco e do tipo alternado [16]. 29

Quadro 2.13 – Propriedades do CO_2. Adaptado de [43]. 39

Quadro 2.14 – Efeitos nos seres humanos expostos a uma determinada concentração de CO_2 em função do tempo de exposição [45]. 40

Quadro 2.15 – Gases inertes. Adaptado de [46]. 42

Quadro 2.16 – Propriedades de alguns gases inertes. Adaptado de [46]. 43

Quadro 2.17 – Constituição do ar que respiramos [47]. 43

Quadro 2.18 – Efeitos nos seres humanos expostos a baixas concentrações de oxigénio [47]. 44

Quadro 2.19 – Concentrações e margem de segurança dos gases inertes. Adaptado de [49], [50], [51] e [52]. 45

Quadro 2.20 – Tempo máximo de exposição em locais protegidos com gases inertes. Adaptado de [53]. 45

Quadro 2.21 – Propriedades de alguns agentes químicos. Adaptado de [21]. 48

Quadro 2.22 – Impacto ambiental de alguns agentes químicos. Adaptado de [56]. 48

Quadro 2.23 – Valores de toxicidade de alguns agentes químicos [53]. 49

Quadro 2.24 – Concentrações de projeto e margem de segurança dos gases químicos. 50

Quadro 2.25 – Tempo máximo de exposição de seres humanos em locais protegidos com gases químicos. 51

Quadro 2.26 – Meios mínimos disponíveis nos corpos de bombeiros para resposta a 1º alarme [9].. 71

Quadro 2.27 – Medidas compensatórias para edifícios com graus de prontidão não regulamentares [9]. 72

Quadro 3.1 – Determinação do efetivo do edifício. 80

Quadro 3.2 – Determinação da densidade de carga de incêndio modificada nos compartimentos de arquivo. 81

Quadro 3.3 – Determinação das áreas totais e efetivas destinadas a arquivo. 81

Quadro 3.4 – Determinação da densidade de carga de incêndio modificada da totalidade do edifício. 82

Quadro 3.5 – Resistência ao fogo padrão mínima dos elementos construtivos do edifício em estudo. 84

Quadro 3.6 – Valores de caudal e pressão mais desfavoráveis para dimensionamento da CBSI..... 108

Quadro 4.1 – Resumo das caraterísticas de SAEI a ponderar utilizar do caso de estudo. 116

Quadro 4.2 – Determinação da quantidade e da concentração efetiva de agente extintor NOVEC 1230. 118

Quadro 4.3 – Determinação da quantidade e da concentração efetiva de agente extintor IG55. 123

Quadro 4.4 – Capacidade de descarga máxima estimada de IG55 na tubagem [90]. 124

Quadro 4.5 – Capacidade de descarga de difusores de agente extintor IG55 [90]. 125

Quadro 4.6 – Caudal e pressão mínimos a disponibilizar no posto de controlo [16]. 131

Quadro 4.7 – Volume mínimo de reserva de água para OH1 (método de pré-cálculos). Adaptado de [16]. 132

Quadro 4.8 – Diâmetro de sub-ramais em função do número de aspersores alimentados [16]. 132

Quadro 4.9 – Diâmetro de ramais de distribuição em função do número de aspersores alimentados [16]. 133

Quadro 4.10 – Número máximo de aspersores a jusante de um ponto de cálculo [16]. 133

Quadro 4.11 – Caudal e altura de compressão, em cada cenário de cálculo considerado..... 142

Quadro 4.12 – Valores de caudal e pressão mais desfavoráveis para dimensionamento da CBSI... 144

Quadro 4.13 – Caudal e altura de compressão, em cada cenário de cálculo considerado..... 155

Quadro 4.14 – Valores de caudal e pressão mais desfavoráveis para dimensionamento da CBSI... 157

Quadro 4.15 – Custos associados a cada solução resistente ao fogo estudada para os envidraçados. 163

Quadro 4.16 – Custos associados a cada SAEI estudado. 166

Quadro 4.17 – Resumo das caraterísticas dos SAEI analisados no caso de estudo. 168

Quadro 5.1 – Designação de marcos de incêndio – NP EN 14384 [82]. 257

Quadro 5.2 – Área de cobertura de extintores portáteis em fogos da classe A [98]..... 263

Quadro 5.3 – Distâncias máximas a percorrer até um extintor portátil em fogos da classe B [98]. ... 264

Quadro 5.4 – Caudal mínimo e coeficiente K mínimo em função da pressão. 270

Quadro 5.5 – Caudal mínimo e coeficiente K mínimo em função da pressão. 271

Quadro 5.6 – Perdas de carga globais máximas em redes secas. Fonte: [102]. 272

Quadro 5.7 – Tempo de autonomia dos sistemas de extinção..... 278

Quadro 5.8 – Densidade de descarga e área de operação de sprinklers consoante local de risco. . 279

Quadro 5.9 – Valores de viscosidade cinemática da água a diferentes temperaturas [106]..... 289

Quadro 5.10 – Valores da tensão do vapor de água a diferentes temperaturas [106]..... 290

Quadro 5.11 – Valores da pressão atmosférica a diferentes altitudes [106]. 292

Quadro 5.12 – Comprimentos equivalentes para determinação de perdas de carga localizadas. NFPA 750 [70]..... 297

Quadro 5.13 – Fator de correção de $L_{, eq}$ em função da rugosidade do material dos acessórios. NFPA 750 [70]..... 297

ABREVIATURAS

ALT – Atmospheric life time.

ANPC – Autoridade Nacional de Proteção Civil.

APSAD - Assemblée Plénière de Sociétés d'Assurances Dommages.

APSEI – Associação Portuguesa da Segurança.

Ar – Árgon.

BI – Boca-de-incêndio.

BIA – Boca-de-incêndio armada.

BIATC - Boca de incêndio armada tipo carretel.

BIATT - Boca de incêndio armada tipo teatro.

BSB - Batalhão de Sapadores Bombeiros do Porto.

CEA – Comité Européen des Assurances.

CEN - Comité Européen de Normalisation.

CBSI – Central de bombagem para serviço de incêndio.

CO – Monóxido de carbono.

CO_2 – Dióxido de carbono.

CSTB - Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.

D.L. – Decreto-Lei.

DS - Delegado da segurança.

e.g. – Por exemplo;

EN – Norma Europeia.

EPA – United States Environmental Protection Agency.

GDP - Gross Domestic Product.

GP – Grau de prontidão.

GWP – Global warming potential.

H_a – altura manométrica de aspiração.

H_c – Altura manométrica de compressão.

HH– Higth hazard – Risco elevado.

H_{nom} – Altura de elevação nominal

H_{sob} – Altura de elevação em sobrecarga.

INS – Instituto Nacional de Seguros.

IPQ – Instituto Português da Qualidade.

LEL - Low effect level.

LH – Ligth hazard – Risco ligeiro.

LOAEL - Lowest observable adverse effect level.

mca – Metro coluna de água.

N_2 – Azoto.

n.a. – Não aplicável.

NEL - No effect level.

NFPA – National Fire Protection Association.

NOAEL - No observed adverse effect level.

NP – Norma Portuguesa.

NPSH – Net positive net suction - Altura máxima de aspiração.

NT – Nota técnica da ANPC.

ODP – Ozone depletion potential.

OH– Ordinary hazard – Risco ordinário.

PBPK - Physiologically based pharmacokinetic.

Q_{nom} – Caudal nominal

Q_{sob} – Caudal em sobrecarga.

RAL – Sistema de origem alemã para classificação de cores.

RASARP – Relatório Anual dos Serviços de Água e Resíduos em Portugal.

RASI – Reservatório de água para serviço privativo de incêndio.

RGSPPDADAR - Regulamento geral dos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais.

RIA – Rede de incêndio armada (para extinção manual de 1.ª intervenção).

RJ-SCIE – Regime jurídico da segurança contra incêndios em edifícios.

RMAADAR – AVEIRO - Regulamento municipal de distribuição de água e drenagem de águas residuais de Aveiro

RS - Responsável da segurança.

RT-SCIE – Regulamento técnico da segurança contra incêndios em edifícios.

SADI - Sistema automático de deteção e alarme de incêndio.

SAEI- Sistema automático de extinção de incêndios.

SAEIG - Sistema automático de extinção de incêndios por agentes gasosos.

UT – Utilização-tipo.

µm – Micrómetro.

1
INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO

O presente documento constitui a monografia da unidade curricular de Dissertação, do Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Ramo de Construções, na sua edição de 2016/2017.

Sendo do ramo de construções, o autor optou por desenvolver uma dissertação na área de segurança de edifícios contra incêndios, por considerar que é um tema que tem um impacto importante na conceção dos mesmos.

A segurança contra incêndios tem um forte impacto nas várias áreas da conceção de uma construção, desde a arquitetura até às diversas especializações da engenharia, como seja a engenharia civil, mecânica, eletrotécnica, implicando, na maior parte dos casos, sistemas complexos e um leque alargado de conhecimentos.

Este facto é tanto mais evidente, quanto maior é a complexidade do edifício, tanto que em alguns países, particularmente, onde existe a tradição de construção de edifícios altos, como os Estados Unidos da América ou Japão, existe a especialidade de engenharia de proteção contra incêndios (fire protection engineering).

Em Portugal, a figura do Engenheiro de proteção contra incêndios não está definida, sendo a segurança contra incêndios delegada às competências de Engenheiros e Arquitetos.

Desde 2008, após a entrada em vigor do RJ-SCIE [1], tem-se assistido à exigência de conhecimentos adicionais àqueles que são lecionados nos planos curriculares dos cursos de base de engenharia e arquitetura, sendo necessário que estes profissionais adquiram formação mais especializada, particularmente, para que possam intervir em edifícios de elevado ou muito elevado risco de incêndio.

O autor pretende aprofundar alguns dos conhecimentos adquiridos no curso de Engenharia Civil, sobre a segurança contra incêndios em edifícios, aplicando-os e desenvolvendo-os nesta dissertação, com vista a incrementar as suas competências profissionais nesta área.

1.2 ENQUADRAMENTO

Dos vários sub-temas em que a segurança contra incêndios em edifícios se ramifica, o autor optou por aprofundar conhecimentos nos meios ativos de extinção de incêndios em edifícios, que permitam a resposta mais célere possível, com vista a limitar o desenvolvimento de incêndios e levar à sua extinção.

1.3 OBJETIVOS

Pretende-se com esta dissertação, estudar os meios e tecnologias, atualmente disponíveis, para extinção de incêndios em edifícios, que permitam responder, de forma rápida e adequada, ao seu desenvolvimento, dando-se assim particular enfoque aos sistemas automáticos de extinção de incêndios.

Pretende-se para isso, fazer um enquadramento geral dos meios de extinção mais utilizados na atualidade, quer manuais, quer automáticos, quanto ao campo de aplicação de cada um, vantagens e desvantagens principais do seu uso, adequabilidade às diferentes utilizações dos edifícios, situações em que é utilizado mais do que um tipo de meio de extinção no mesmo edifício, etc.

Depois pretende-se fazer uma abordagem ao projeto e dimensionamento dos sistemas automáticos de extinção, em particular, daqueles que utilizam água pulverizada como agente extintor (sistemas de sprinklers), bem como de sistemas alternativos, que utilizam agentes extintores gasosos, utilizados onde a água não pode ser usada como agente extintor.

O objetivo final do trabalho é a exploração prática de sistemas automáticos de extinção de incêndios num caso de estudo, de preferência, num edifício onde seja possível aplicar sistemas de diferentes tipos.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Neste primeiro capítulo faz-se a introdução do trabalho e enumeram-se os objetivos a atingir com o seu desenvolvimento.

No segundo capítulo faz-se uma apresentação do estado da arte relativo aos meios de extinção de incêndios mais utilizados nos dias de hoje. Apresentam-se também os conceitos básicos da fenomenologia dos incêndios, necessários à compreensão do funcionamento e da aplicabilidade dos meios de extinção a utilizar em cada situação. Faz-se ainda neste segundo capítulo o enquadramento regulamentar da aplicação dos sistemas de extinção automáticos.

No terceiro capítulo apresenta-se o caso de estudo onde serão abordados os SAEI. Começa-se por descrever o edifício e classificar o seu risco de incêndio, bem como apresentar as medidas de segurança contra incêndio aplicadas, de forma a integrar adequadamente os SAEI com as outras medidas de proteção implementadas

No quarto capítulo, faz-se a aplicação prática de vários tipos de SAEI no edifício, avalia-se a adequabilidade de cada um deles, e, faz-se uma análise comparativa das suas vantagens e desvantagens.

No quinto capítulo apresentam-se as conclusões obtidas durante o desenvolvimento do trabalho e fazem-se propostas para desenvolvimentos futuros.

Remetem-se para o anexo A todos os elementos de cálculo auxiliares, necessários ao dimensionamento dos meios de extinção estudados no caso de estudo.

Remetem-se para o anexo B, as estimativas de custo, necessárias para avaliação de custos de cada meio de extinção abordado.

Resumem-se no anexo C, os requisitos de projeto, necessários para a conceção dos meios de extinção manuais e de outros meios complementares aos SAEI.

Resumem-se no anexo D, os conceitos hidráulicos necessários ao dimensionamento dos sistemas hidráulicos de extinção de incêndios.

Apresentam-se no anexo E, tabelas com os diâmetros das tubagens mais utilizadas nas redes de extinção de incêndios em edifícios.

2
ESTADO DA ARTE

2.1 ENQUADRAMENTO DOS MEIOS DE EXTINÇÃO NA FILOSOFIA DE SCIE

A proteção de edifícios contra incêndios pode ser feita assumindo diversas estratégias.

Castro e Abrantes [2] classificam as medidas de segurança contra incêndios a utilizar em edifícios em dois tipos genéricos:

- Passivas - medidas que estão permanentemente presentes no edifício;
- Ativas - medidas que apenas entram em funcionamento em caso de incêndio.

Cote e Hall [3] consideram que existe uma série de oportunidades de intervenção contra a ocorrência de um incêndio num edifício e o seu agravamento, enumerando-as sequencialmente numa linha de tempo de crescimento potencial da sua severidade:

- A primeira oportunidade está na utilização de medidas preventivas, como a educação (por exemplo, treino dos procedimentos de evacuação), alteração de hábitos de risco das pessoas ou imposição de requisitos de segurança a incêndio aos produtos, fontes de calor ou materiais combustíveis utilizados nos edifícios;
- A proteção passiva, no que diz respeito à inflamabilidade e reação ao fogo dos materiais de construção, oferece a segunda oportunidade, através da escolha de materiais e produtos de construção menos combustíveis. Logo após a ocorrência do incêndio, este tipo de proteção passiva possibilita o abrandamento do seu crescimento inicial e da sua propagação.
- A proteção ativa oferece a próxima oportunidade para conter o incêndio. A rapidez do sistema de deteção e alarme e o tempo que leva até serem ativados os sistemas de extinção, automáticos ou manuais, ditará a eficácia desses meios. O sistema de controlo de fumos, passivo ou ativo, influenciará não só o alastramento do incêndio pelos vários compartimentos, bem como o sucesso da evacuação dos ocupantes;
- A última oportunidade para conter o fumo e o fogo de um incêndio encontra-se novamente na proteção passiva. A compartimentação dos edifícios, onde deverá ser dada especial atenção à integridade estrutural do edifício e dos vários espaços por onde os ocupantes vão evacuar.

Cote e Hall [3] consideram também, que a proteção dos edifícios aos incêndios se deve fazer com recurso a sistemas integrados, que usem diferentes filosofias de projeto, sob um conceito de redundância para que, na falha de um, a proteção funcione.

Verifica-se assim que, na eventualidade de não ser possível evitar a deflagração de um incêndio, os sistemas abordados neste trabalho, representam uma das respostas mais prioritárias a garantir num edifício.

A dotação de meios adequados nos edifícios, que permitam um combate rápido aos incêndios, nas fases mais iniciais do seu desenvolvimento, constitui uma estratégia de extrema importância para salvaguardar vidas humanas, facilitar a evacuação e evitar prejuízos patrimoniais.

2.2 ADEQUABILIDADE DOS MEIOS DE EXTINÇÃO DE INCÊNDIOS EM EDIFÍCIOS

A adequabilidade dos meios para extinção de incêndios em edifícios, depende dos riscos enfrentados em cada caso.

A seleção e conceção dos meios a utilizar para extinção de incêndios em edifícios, deve atender assim a vários fatores, entre os quais, os seguintes:

- Envolvente e acessibilidades exteriores;
- Disponibilidade de água;
- Prontidão das equipas de socorro;
- Carga de incêndio dos vários compartimentos;
- Natureza dos materiais armazenados no interior dos edifícios;
- Vigilância permanente ou não permanente dos locais;
- Caraterísticas do edifício, quanto à sua altura, áreas e acessibilidades interiores;
- Tipo de utilização do edifício;
- Treino e conhecimento dos ocupantes sobre aspetos de segurança.

A adoção de um determinado meio de combate a incêndios depende assim de uma avaliação de risco para cada edifício em particular.

Para este efeito, julga-se também importante, ter presente as noções básicas da forma como os incêndios se podem desenvolver num determinado edifício ou compartimento, o que permitirá adequar os meios de extinção a utilizar a cada situação específica.

2.3 DESENVOLVIMENTO DE INCÊNDIOS EM EDIFÍCIOS E A UTILIZAÇÃO DE SAEI

2.3.1 PRODUTOS DE COMBUSTÃO GERADOS NUM INCÊNDIO

2.3.1.1 Generalidades

Importa antes de mais ter presente quais os produtos resultantes de uma combustão.

Recorda-se que no decorrer de uma reação de oxidação (combustão), ocorrem várias transformações físico-químicas nos materiais combustíveis, que dependem de vários fatores (natureza do material combustível, temperatura atingida, proporção de comburente, etc.), considerando-se os seguintes produtos principais:

- Calor;
- Radiação luminosa;
- Gases de combustão;
- Fumos e aerossóis;
- Produtos não voláteis.

2.3.1.2 Calor

Uma combustão é uma reação de oxidação fortemente exotérmica, onde se verifica uma forte libertação de energia calorífica para o ambiente.

O efeito mais nocivo do calor libertado numa combustão é o fornecimento de energia calorífica a outros materiais combustíveis expostos ao fogo, que passam a apresentar um maior potencial para participarem na reação de combustão, constituindo assim o calor, o fator preponderante para a propagação de um incêndio.

A energia calorífica libertada num incêndio, pode ser transmitida aos materiais combustíveis, conforme a representação da Figura 2.1, pelas seguintes formas:

- Condução de calor;
- Convecção;
- Radiação.

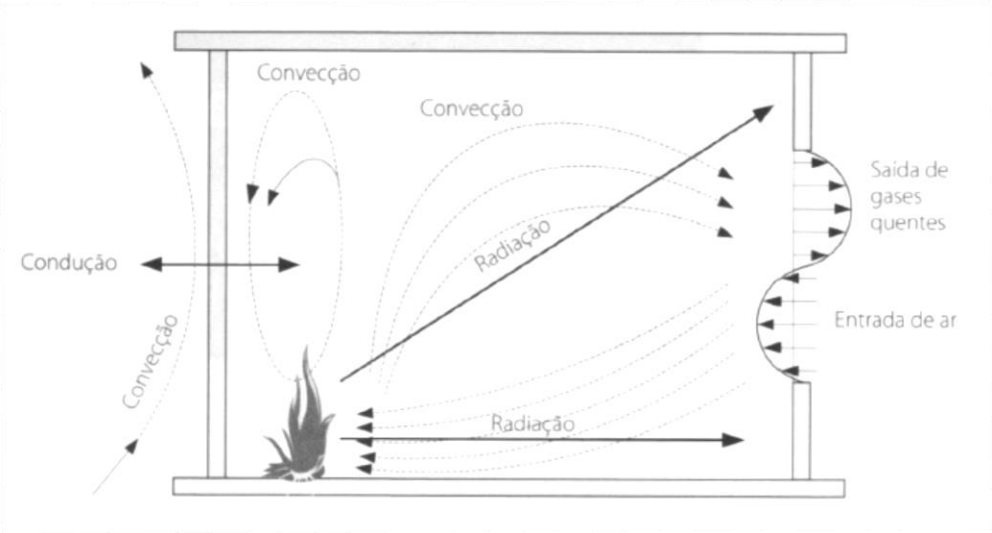


Figura 2.1 – Mecanismos de transferência de calor. Fonte: [4].

A quantidade de energia calorífica libertada por um determinado combustível na combustão completa de uma unidade de massa é variável e depende da natureza de cada material. Essa propriedade designa-se por poder calorífico, no entanto, sendo a água também um produto da maioria das combustões, acaba por se vaporizar devido ao calor gerado numa combustão e, absorvendo parte dessa energia calorífica ao vaporizar-se, designando-se essa parcela da energia calorífica por calor de vaporização.

O poder calorífico de um determinado material apresenta assim dois valores:

- Poder calorífico superior, onde é considerado o calor de vaporização;
- Poder calorífico inferior, onde não é considerado o calor de vaporização.

Para avaliar o risco de incêndio de um determinado compartimento é importante determinar a quantidade de energia possível de ser libertada por todos os materiais combustíveis existentes nesse espaço, cujo valor se designa por potencial calorífico desses materiais.

A soma dos potenciais caloríficos de todos os materiais combustíveis existentes num determinado espaço, designa-se por carga de incêndio desse espaço, sendo expressa geralmente em relação ao potencial calorífico da madeira (16,75 MJ/kg).

Segundo Castro e Abrantes [2], os riscos dos compartimentos são geralmente classificados em ligeiro, médio e elevado, de acordo com os valores limite do Quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Risco dos compartimentos de acordo com a sua carga de incêndio. Fonte: [2].

Risco	Densidade de carga de incêndio	
	(MJ/m^2)	(Kg de madeira/m^2)
Ligeiro	< 417,5	< 25
Médio	de 417,5 a 1253	de 25 a 75
Elevado	> 1253	> 75

De acordo com o RJ-SCIE [1], a classificação de risco em bibliotecas, arquivos, industrias e armazéns faz-se por recurso ao conceito de carga de incêndio modificada, determinada de acordo com o Despacho n.º 2074/2009 de 15 de Janeiro [5].

2.3.1.3 Radiação luminosa

Nas reações de combustão, a radiação luminosa que ocorre sob a forma de chamas ou de material incandescente, constitui outra forma de libertação de energia, tanto maior quanto maior for a superfície de material quente e a temperatura dessas superfícies.

A consequência mais nociva da radiação luminosa numa combustão é a energia transmitida a outros materiais sujeitos a esta que, não sendo transparentes ou refletores, absorvem parte dessa energia, resultando no seu aquecimento, passando a apresentar um maior potencial para participarem na reação de combustão.

2.3.1.4 Gases combustíveis

Numa reação de combustão são formados, na maior parte das vezes em grande quantidade, vários tipos de gases, designados por gases de combustão, que dependem de diversos fatores, tais como, da composição química dos combustíveis, do teor de oxigénio e das temperaturas atingidas.

Os gases de combustão mais comuns são o vapor de água (H_2O), o dióxido de carbono (CO_2) e o monóxido de carbono (CO). Quando existe oxigénio em quantidade suficiente, a combustão poderá ser completa e formam-se essencialmente dióxido de carbono e água. Quando não existe oxigénio em quantidade suficiente, a combustão é incompleta e forma-se monóxido carbono, que é um gás altamente tóxico.

As consequências mais prejudiciais dos gases de combustão são a sua toxicidade (risco de vida), corrosividade (risco de vida e de danos estruturais) e combustibilidade de alguns gases como o dióxido de carbono (risco de agravamento de incêndio e de explosão).

2.3.1.5 Fumos e aerossóis

Numa reação de combustão são também libertados fumos e aerossóis, que são produtos voláteis resultantes da transformação da matéria, mas que não são gasosos, sendo que quanto mais incompleta for a combustão, menor é a formação de gases e maior é a produção de fumos e aerossóis.

O fumo é constituído por partículas visíveis e tem a cor branca ou acinzentada quando há abundância de comburente ou mais negra quando o comburente é mais escasso.

Os aerossóis são partículas da matéria combustível não queimada, com dimensões microscópicas e em suspensão.

Por se formarem na zona de combustão dos gases de combustão e pelas suas reduzidas dimensões, os fumos e aerossóis acompanham o fluxo ascendente dos gases quentes, misturando-se com estes.

As consequências mais nocivas da libertação de fumos e aerossóis são a diminuição da visibilidade e a forte irritação das vias respiratórias.

2.3.1.6 Produtos não voláteis

Numa reação de combustão são ainda formados produtos sólidos ou líquidos não voláteis nos processos de transformação da matéria.

Uma grande parte dos produtos sólidos voláteis depositam-se em forma de cinzas, correspondendo a substâncias minerais que não sofreram combustão.

2.3.2 DESENVOLVIMENTO TÍPICO DOS INCÊNDIOS EM COMPARTIMENTOS DE EDIFÍCIOS

2.3.2.1 Generalidades

O conhecimento da forma como um incêndio se desenvolve, ao longo do tempo, nos compartimentos a proteger, permitirá certamente selecionar os meios mais adequados para cada caso.

O desenvolvimento de um incêndio depende de inúmeros fatores, daí Guerra et al. [6] afirmarem que não há dois incêndios iguais. Para as várias combinações possíveis entre os 4 elementos do tetraedro do fogo, no desenvolvimento de um incêndio, são condicionantes vários fatores, dos quais se destacam os enunciados por Coelho [4]:

- Natureza e quantidade de combustível presente;
- Distribuição e forma de apresentação do combustível;
- Quantidade de comburente (oxigénio) disponível, o qual depende das condições de ventilação do compartimento e das dimensões do compartimento e das dimensões das aberturas;
- Geometria do compartimento;
- Natureza dos pavimentos, das paredes e seus revestimentos;
- Condições atmosféricas (temperatura, direção do vento, etc.).

No entanto, é possível identificar certas fases críticas ou instantes característicos que um incêndio apresenta no seu desenvolvimento natural.

Coelho [4] identifica as cinco fases representadas na Figura 2.2, nomeadamente, as seguintes:

- Ignição;
- Propagação;
- Inflamação generalizada, designado por flashover na nomenclatura anglo-saxónica;
- Combustão contínua;
- Declínio.

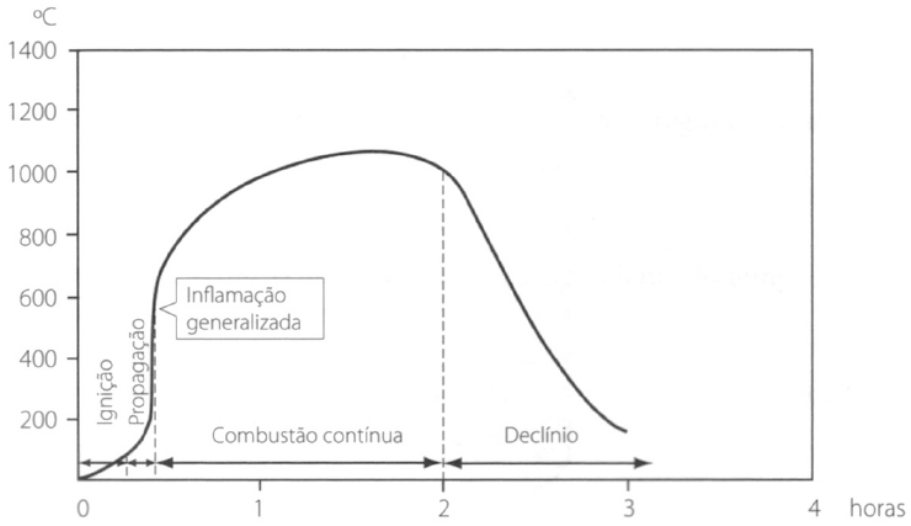


Figura 2.2 – Fases de desenvolvimento de um incêndio. Fonte: [4].

2.3.2.2 SAEI e o tempo de desenvolvimento dos incêndios em compartimentos

A eficácia dos meios de extinção depende, em grande parte, do instante em que são utilizados, durante o processo de desenvolvimento de um incêndio, como sugere a Figura 2.3.

Se forem aplicados numa fase inicial de um incêndio, apenas serão necessários meios de calibre ligeiro, como por exemplo, um *sprinkler*, que é rapidamente acionado junto ao foco do incêndio por efeito de temperatura, um extintor portátil ou uma boca de incêndio armada, de calibre ligeiro e que seja facilmente manuseável pelos próprios ocupantes do edifício.

Se forem aplicados numa fase mais avançada de um incêndio, serão já certamente necessários meios de maior calibre, que consigam fazer face à maior quantidade de energia calorífica e restantes produtos resultantes da combustão, como por exemplo, bocas de incêndio que debitem grandes quantidades de água, canhões de água, entre outros, geralmente apenas manuseados por profissionais bastante treinados.

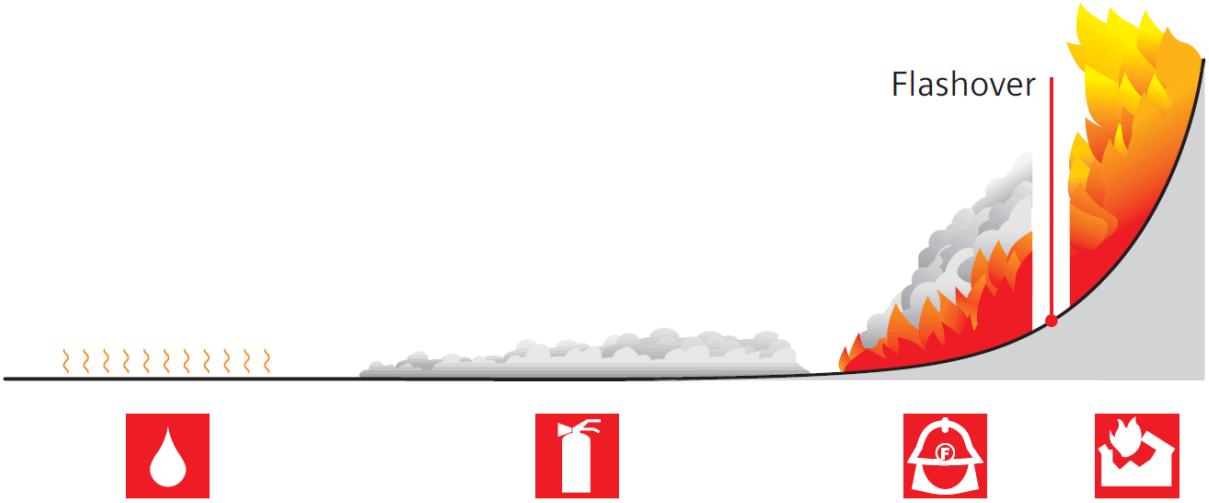


Figura 2.3 – Desenvolvimento de um incêndio VS meios de intervenção. Fonte: [7].

Para se estabelecer uma ordem de grandeza no tempo, atende-se à informação apresentada na Figura 2.4, que a NFPA [8] utiliza para indicar as vantagens na utilização de *sprinklers* e de onde se podem constatar os seguintes factos:

- O tempo médio nacional de resposta dos bombeiros nos EUA, para receberem o alarme, chegarem ao local do incêndio de um edifício e armarem os equipamentos para iniciarem o combate às chamas, é de cerca de 10 minutos (salienta-se que o tempo máximo de percurso, permitido em Portugal, é de 10 min, conforme definido na NT 8 [9], ao qual ainda terá de acrescentar-se os tempos necessário para despacho, armar equipamentos, etc.).
- A combustão generalizada (*flashover*) ocorre, entretanto, antes da chegada dos bombeiros ao local (por volta de 8 minutos após o início do incêndio);
- A existência de sistemas de *sprinklers*, para extinção automática, permite o controlo do desenvolvimento do incêndio, após cerca de 4 minutos do seu início (aquando da sua ativação), podendo levar mesmo à extinção do incêndio;
- A existência de detetores automáticos de incêndio, permite a deteção em cerca de 1 minuto após início de um incêndio.

Esta figura permite observar, de uma forma muito intuitiva, a utilidade de sistemas automáticos de extinção do tipo *sprinklers*, ao permitem o controlo de um incêndio, após cerca de 4 minutos do seu início, bem como, o interesse em associar um sistema de deteção automático, a um sistema de extinção automático, podendo oferecer desta forma, uma resposta muito mais rápida.

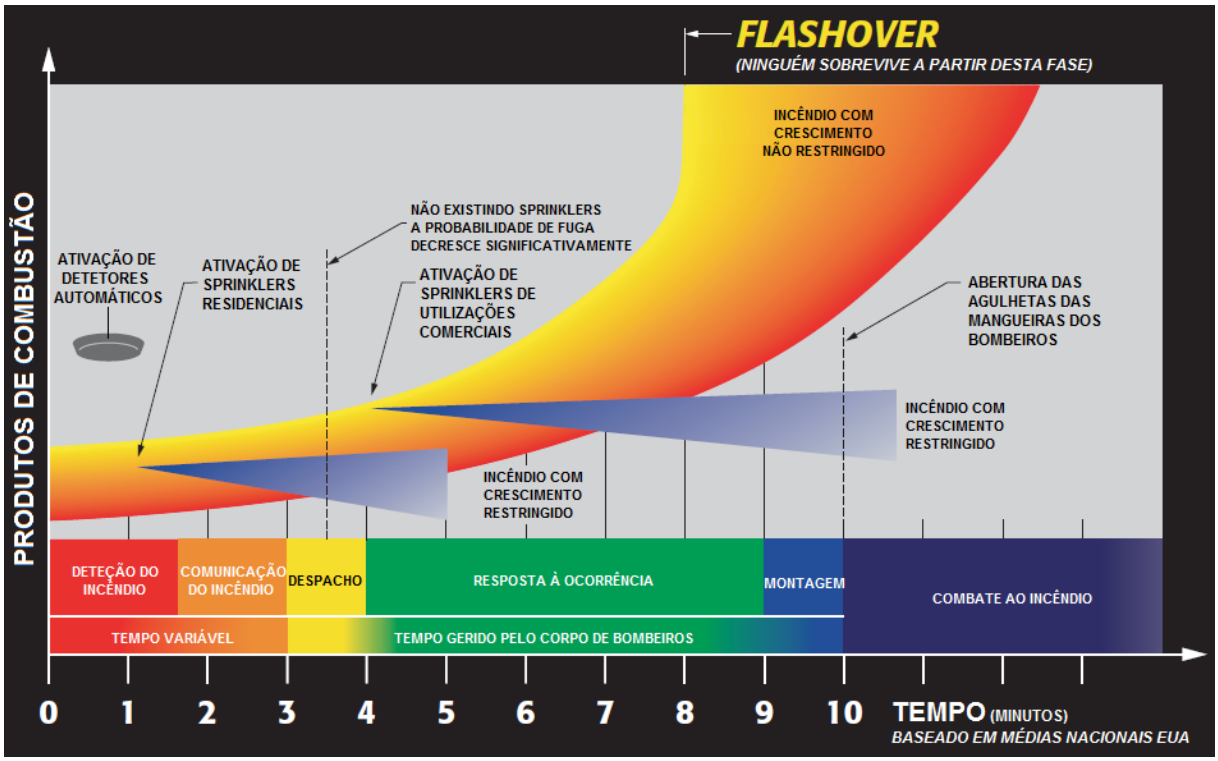


Figura 2.4 – Desenvolvimento de um incêndio no tempo VS meios de intervenção. Adaptado de: [8].

2.4 AGENTES DE EXTINÇÃO PARA SAEI

2.4.1 GENERALIDADES

Podem classificar-se os agentes extintores de acordo com a sua natureza, agrupando-os em agentes extintores do tipo:

- Água;
- Pó químico;
- Espumas;
- Gases;
- Outros.

2.4.2 MECANISMOS DE EXTINÇÃO

Dos diferentes mecanismos de extinção de um fogo, importa utilizar os mais adequados e eficazes a cada caso. Para isso deve-se atender aos conceitos sobre combustão, em particular, ao conceito do tetraedro do fogo, representado esquematicamente na Figura 2.5.

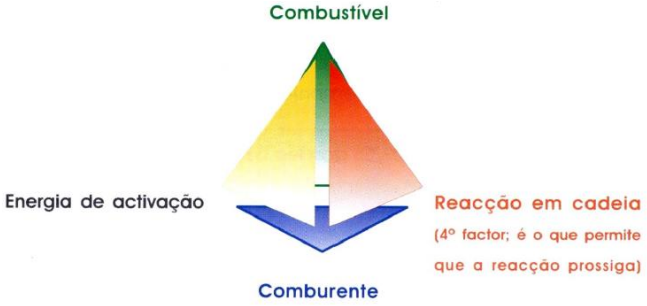


Figura 2.5 – Tetraedro do fogo. Fonte: [10].

Relembra-se assim que a extinção de um incêndio pode ser feita por um ou pela combinação dos seguintes processos:

- Abafamento;
- Dispersão;
- Arrefecimento;
- Inibição.

O efeito de abafamento consiste na redução do comburente, ou seja, do oxigénio existente na atmosfera dos compartimentos, em concentrações volumétricas da ordem de 21%, para valores na ordem de 15%, tornando a combustão ineficaz, sendo assim um método de extinção mais eficaz em incêndios que ocorrem em volumes compartimentados ou em fogos muito localizados que podem ser atacados com mantas por exemplo.

O efeito de dispersão consiste no afastamento do combustível do fogo, sendo assim um método mais eficaz em incêndios exteriores.

O efeito de arrefecimento consiste na redução da energia do incêndio até atingir uma temperatura que permita a sua extinção.

O efeito de inibição consiste na inibição da reação em cadeia do fogo, através da alteração da composição química da chama.

2.4.3 ÁGUA

A água é o agente extintor mais utilizado, pela facilidade em ser obtido na natureza e obviamente, pelo seu baixo custo.

A água é um meio extintor eficaz em fogos de matéria combustível sólida (tipo A), no entanto a sua utilização sob a forma de jato e sob a forma de alguns tipos de pulverização, é desaconselhada em fogos de líquidos combustíveis (tipo B), fogos envolvendo gorduras alimentares (classe F) e em fogos envolvendo equipamentos sob tensão elétrica, bem como totalmente incompatível em fogos de determinados tipos de metais (classe D).

O seu efeito principal na extinção de um incêndio é o de arrefecimento.

Quando recebe energia calorífica, cada grama de água absorve 1 caloria (4,19 J) ao elevar a sua temperatura de 14ºC para 15ºC, no entanto, o seu maior poder de arrefecimento deve-se à sua vaporização, pois, ao mudar do estado físico líquido para o estado físico gasoso, quando atinge uma temperatura de 100ºC, cada grama de água absorve 540 calorias (2.260,87 J).

A água contribui ainda na extinção com um efeito secundário, devido ao vapor de água gerado, que, em certas circunstâncias, pode conferir uma atmosfera inerte à combustão, gerando um efeito de abafamento.

Existem vários tipos de aditivos com várias finalidades, entre as quais, aumentar a superfície de contacto com o combustível (molhantes e emulsores), aumentar o tempo de atuação (viscosificantes), ou até, de conferir maior absorção da radiação do incêndio (opacificantes).

No entanto, pode-se melhorar a eficácia de extinção da água, na maneira como esta é aplicada nas chamas, procurando formas de descarga de água que possuam maiores áreas de vaporização.

A água pode ser aplicada nas chamas sob a forma de jato, pulverização, nevoeiro ou vapor.

A utilização de água sob a forma de vapor, limita-se ao uso em instalações fixas de locais confinados, pois a vaporização da água origina uma expansão de cerca 1650 vezes do seu volume.

A aplicação sob a forma de nevoeiro oferece alcances mais reduzidos, no entanto permite obter gotas de tamanho muito reduzido, levando a um maior poder de arrefecimento, podendo ainda apresentar alcances eficazes para muitos dos cenários de incêndios de edifícios.

2.4.4 PÓ QUÍMICO

O pó químico tem um efeito inibidor nos incêndios e foram desenvolvidos vários tipos de pó químico para cada tipo de fogo.

O pó químico ABC é adequado, como o próprio nome indica, para fogos do tipo A, B ou C e é constituído à base de fosfato de amónio.

O pó químico BC é indicado para fogos do tipo B ou C e é constituído à base de bicarbonato de sódio.

O pó químico D é adequado para fogos do tipo D, constituídos à base de diversos tipos de inertes, como a grafite e alguns cloretos e carbonetos específicos, consoante o metal combustível em causa.

2.4.5 ESPUMAS

As espumas são constituídas principalmente por ar, água e emulsor (substância formadora de espuma).

O processo de formação das espumas pode ser mecânico ou químico e pode resultar em espumas mais ou menos densas.

O coeficiente de expansão de uma espuma é a relação entre o seu volume e o volume da solução espumífera que lhe deu origem.

As espumas de baixa expansão têm maior quantidade de água e menor quantidade de ar, sendo assim espumas mais pesadas, o que as torna indicadas para utilização no exterior, onde o vento tem tendência a arrastar as espumas do seu ponto de aplicação.

As espumas de média densidade são adequadas para espaços interiores e em fogos exteriores de extensão limitada.

As espumas de baixa densidade, mais leves e secas, são indicadas apenas para espaços interiores.

O modo de aplicação das espumas pode ser por métodos convencionais (deposição, projeção por jato, etc.) ou por injeção sub-superficial.

O método de injeção sub-superficial é utilizado em depósitos de líquidos inflamáveis, que são construídos com instalação de um injetor de espuma que fica submerso pelo líquido. Em caso de incêndio, é injetada a espuma em pressão e, como a espuma é menos densa que o líquido armazenado, sofre um movimento natural de decantação e desloca-se para a tona do depósito, colmatando a superfície livre do mesmo, que estava em contacto com o comburente (oxigénio), resultando assim num efeito de abafamento.

Note-se que isso seria possível fazer com água, caso a densidade do líquido armazenado fosse superior à densidade da água.

2.4.6 GASES EXTINTORES

Os gases extintores podem ser aplicados de forma localizada no foco de incêndio (por exemplo, para proteção de cozinhas industriais) ou através de sistemas fixos de extinção automática por inundação total.

Podem-se classificar os gases extintores da seguinte forma:

- Dióxido de carbono;
- Gases inertes;
- Gases químicos.

O dióxido de carbono (CO_2) atua essencialmente por redução do comburente (asfixia) sendo, no entanto, altamente toxico para os seres humanos.

Os gases inertes são gases existentes na natureza, e atuam essencialmente por efeito de abafamento, como seja o Árgon ou o Azoto, podendo ser utilizado com presença humana, abaixo de determinadas concentrações.

Os gases químicos produzidos atualmente, surgiram depois da proibição da utilização dos hidrocarbonetos halogenados (halons) por motivos ambientais e, atuam essencialmente por interrupção da reação em cadeia (inibição).

2.4.1 ADEQUABILIDADE DO AGENTE EXTINTOR AO TIPO DE FOGOS

Conhecendo o combustível predominante num determinado local, onde possa ocorrer um incêndio, é possível prever os produtos resultantes da combustão, o comportamento da combustão e quais os melhores meios a utilizar para a sua extinção, ou pelo menos, os meios que não se devem utilizar.

Devido às diferentes respostas e comportamentos dos diversos agentes extintores, a sua utilização deve ser selecionada, de acordo com os tipos de fogos que se prevê que ocorram em cada zona do edifício.

A classificação dos fogos, em função da natureza do material combustível, de acordo com a norma NP EN 2 [11], é feita da seguinte forma:

- Fogos da classe A – Fogos de matéria sólida, em geral de matéria orgânica, em que a combustão se faz com a formação de brasas após desgaseificação (exemplos: madeira, papel, carvão, têxteis, etc.);
- Fogos da classe B – Fogos de líquidos ou sólidos liquidificáveis, em que a combustão se faz sempre com formação de chama, após vaporização do líquido (exemplos: gasolina, álcool, óleos, acetona, cera, parafina, resinas, etc.);
- Fogos da classe C – Fogos de gases combustíveis, em que a combustão se faz sempre com formação de chama (exemplos: butano, propano, gás natural, hidrogénio, etc.);
- Fogos da classe D – Fogos de materiais metálicos leves, em que a combustão se faz com formação de brasas ou incandescências (exemplos: sódio, potássio, alumínio, lítio, titânio, etc.).
- Fogos da classe E – Fogos em instalações elétricas sob tensão (classe considerada apenas em alguns países da Europa, não incluindo Portugal);
- Fogos da classe F – Fogos envolvendo gorduras e materiais alimentares em equipamentos de cozinha.

A adequabilidade dos vários agentes extintores a cada tipo de fogos, pode ser resumida, de acordo com Coelho [4], no Quadro 2.2.

Quadro 2.2 – Adequabilidade dos agentes extintores a cada tipo de fogo. Adaptado de: [4].

Classe do fogo	Agentes extintores							
	Água		Pó químico			CO2	Espumas	Halons*
	Jato	Pulverizada	ABC	BC	Especial			
A	Bom	Muito bom	Muito bom	Não	Não	Só para pequenas superfícies	Bom	Bom
B	Não	Bom	Muito bom	Muito bom	Bom	Bom	Muito bom	Bom
C	Não	Não	Bom	Muito bom	Não	Bom	Bom	Bom
D	Não	Não	Não	Não	Muito bom	Não	Não	Não
Riscos elétricos	Não	Admissível até à tensão de 500V	Bom devido ao fato de não serem condutores para tensões inferiores a 6 kV		Não	Muito bom	Não	Muito bom

* Tendo em conta que a utilização de halons se encontra proibida, por motivos ambientais, consideram-se nesta coluna, os agentes halogenados de substituição dos halons.

2.4.2 AGENTE EXTINTOR PADRÃO

O conceito de agente extintor padrão permite de certa forma, estabelecer relações entre a capacidade de extinção da água (considerado como sendo o agente extintor padrão) e dos outros agentes extintores.

A Regra Técnica nº 2 do Instituto Nacional de Seguros [12] apresenta as relações entre produtos extintores e o agente extintor padrão, conforme o exposto no Quadro 2.3.

Quadro 2.3 – Equivalência de produtos extintores [12].

Agentes extintores		Agente extintor padrão (água)
1 kg pó químico seco	≡	2 L de água
1 kg de halon	≡	3 L de água
1 kg de CO_2 liquefeito	≡	1,34 L de água
1 L de espumas	≡	1 L de água

2.5 SAEI E OS OUTROS MEIOS DE EXTINÇÃO DE INCÊNDIOS

2.5.1 ENQUADRAMENTO DOS SAEI COM OUTROS MEIOS DE EXTINÇÃO

A evolução dos meios de combate a incêndios, tal como de outras tecnologias, tem vindo a acompanhar os avanços tecnológicos, bem como a evolução demográfica e urbanística das cidades.

Os meios de combate a incêndios urbanos atuais podem categorizar-se da seguinte forma:

- Infraestruturas para serviço de incêndios – que dizem respeito aos meios disponíveis nas cidades para fornecimento de água, como por exemplo, os hidrantes;
- Meios portáteis e fixos manuais de 1ª intervenção – que dizem respeito a equipamentos de calibre ligeiro, instalados nos edifícios, para combate aos incêndios numa fase inicial do seu desenvolvimento, como sejam, recipientes com areia, extintores portáteis e redes fixas para combate manual de 1ª intervenção;
- Meios fixos manuais de 2ª intervenção – que dizem respeito a equipamentos instalados nos edifícios, de calibre mais pesado, para combate aos incêndios em fases de pleno desenvolvimento, como sejam, as redes fixas para combate manual de 2ª intervenção;
- Meios fixos automáticos de extinção de incêndio – que correspondem a equipamentos instalados nos edifícios, destinados a atuar imediatamente e, de forma totalmente automática, sobre os incêndios, numa fase inicial do seu desenvolvimento, com o objetivo de conter a evolução do incêndio até à chegada dos meios de 2.ª intervenção, ou porventura, extinguir mesmo esses incêndios (servindo assim como equipamentos de 1.ª intervenção), como sejam, as redes de aspersores automáticos de água, vulgarmente conhecidos por *sprinklers*;
- Outros meios para combate a incêndios – que dizem respeito a equipamentos mais específicos, muitas vezes destinados a edifícios industriais, como sejam os canhões de água, os sistemas de extinção automática com utilização de agentes extintores gasosos, sistemas com utilização de espumíferos, etc.

Como se verá no desenvolvimento deste trabalho, geralmente é necessário integrar os SAEI com outros meios de extinção, como sejam os meios portáteis ou outros meios de 1.ª intervenção, que complementam o processo de extinção dos SAEI.

2.5.2 ENQUADRAMENTO DOS SAEI NOS PROCEDIMENTOS DE EMERGÊNCIA

Julga-se ser também conveniente, ter uma noção geral, das várias ações a tomar em caso de incêndio e a sua ordem de prioridade no tempo, de modo a poder enquadrar no tempo, os SAEI com as restantes medidas ativas de segurança utilizadas nos edifícios em caso de incêndio.

Essa visão geral das medidas ativas a implementar nem determinado edifício, contribuirá certamente para a definição de soluções mais integradas.

Pinheiro [13] refere que, após a confirmação de um alarme de um incêndio, a primeira coisa a salvaguardar é a vida dos seus ocupantes, pelo que a evacuação deve ser a primeira ação a implementar.

Logo de seguida, o que se procura conseguir é a extinção do incêndio na sua fase inicial, onde as suas dimensões são menores, com uma primeira intervenção.

Quando a extinção do incêndio já não for possível, esta primeira intervenção servirá ainda para controlar o fogo, evitando o seu desenvolvimento, enquanto e apenas se existirem condições de segurança para as pessoas que estiverem a fazer essa primeira intervenção.

No entanto, antes de acionar os meios de 1ª intervenção, deve alguém estar encarregue de proceder ao corte da energia elétrica e do gás, de forma a evitar propagação do incêndio e também para evitar o risco de eletrocussão durante a utilização dos meios de combate ao incêndio com água.

E, também antes da primeira intervenção, alguém deve ficar encarregue de comunicar o alarme aos bombeiros.

Depois disso resta implementar as ações de segunda intervenção, já por equipas de bombeiros.

Esses procedimentos de atuação em caso de ocorrência de um incêndio podem ser expressos num plano de emergência.

Nesse plano deve ser definido o encadeamento de todas as ações a tomar em caso de incêndio, de forma a salvaguardar as vidas dos ocupantes do edifício e das equipas de intervenção, para salvaguardar o edifício e os seus bens e para evitar o crescimento do incêndio e se possível extingui-lo.

A responsabilidade máxima da implementação e manutenção de um plano de emergência interno de um edifício é do responsável da segurança (RS), entidade esta que deve corresponder ao proprietário ou administrador do edifício, ou responsável máximo da empresa ou instituição.

O responsável pode delegar as funções de implementação e manutenção do plano de emergência interno no delegado de segurança (DS).

Pinheiro [13] admite ainda, para edifícios de grandes dimensões, a formação de equipas específicas para promover a evacuação, o corte de energia, a primeira intervenção, a segunda intervenção, os primeiros socorros, etc.

Assim, para ter uma visão geral do enquadramento dos SAEI no plano de emergência de um edifício em caso de incêndio, representa-se na Figura 2.6 um plano de emergência de carácter genérico adaptado de Pinheiro [13].

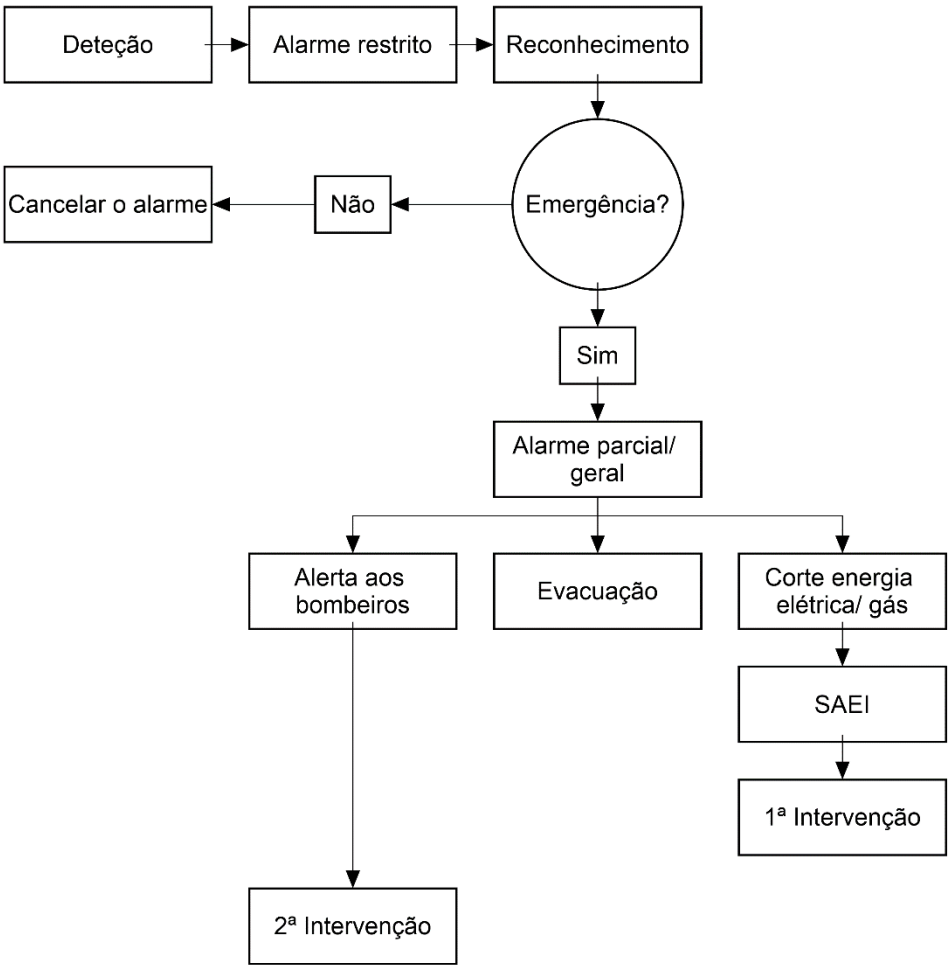


Figura 2.6 – Fluxograma de um plano de emergência genérico. Adaptado de: [13].

2.6 TIPOS DE SAEI

2.6.1 GENERALIDADES

Existem diversas soluções distintas para os SAEI, que diferem em diversos aspetos, seja pelo tipo de agente extintor utilizado, pelo tipo de ativação, tipo de componentes, tipo de sistemas auxiliares de deteção e alarme, etc.

As soluções variam consoante a tecnologia de cada fabricante, encontrando-se ainda em constante desenvolvimento.

Tratam-se sempre de sistemas que exigem um elevado grau de fiabilidade e, por isso, exige-se que sejam sistemas testados e certificados para o efeito pretendido.

Contudo faz-se a seguinte categorização dos diferentes tipos de SAEI, com base no agente extintor a utilizar:

- SAEI por água pulverizada;
- SAEI por gases;
- SAEI por água nebulizada;
- SAEI por outros agentes extintores.

2.6.2 SAEI POR ÁGUA PULVERIZADA

2.6.2.1 Surgimento e aplicabilidade dos sistemas de sprinklers

Os sistemas automáticos de extinção de incêndios, conhecidos por sistemas de sprinklers, na nomenclatura anglo-saxónica, surgiram impulsionados pelos riscos de incêndio acarretados pela revolução industrial [14].

Em 1806 em Londres, John Carey registou um sistema de proteção contra incêndios, com base em tubos de madeira perfurados, obturados com tampões de argila e palha, que se desintegravam, quando sujeitos às temperaturas de um incêndio, distribuindo assim água, de forma automática nos focos de incêndio ocorridos nos edifícios.

Pouco tempo depois, em 1809, William Cosgrov, aperfeiçoou este conceito e registou a patente de um sistema de proteção automática de incêndios, com tubos perfurados, levando uma espécie de válvulas nos orifícios, tapadas com soldas de uma determinada liga metálica, com função de fazer atuar o sistema, ao fundir, quando sujeitos às altas temperaturas de um incêndio. Introduziu também uma válvula de controlo do sistema e uma ligação exterior aos bombeiros.

Em 1874, nos Estados Unidos da América, Henry Parmalee, concebeu um sistema automático de água, com vista a proteger a sua fábrica de pianos em New Haven, Connecticut e patenteou um modelo de cabeça de aspersão de água, recoberta com uma liga de solda, que fundia quando sujeita às temperaturas de um incêndio, considerada por alguns, como sendo o primeiro sprinkler na forma como o conhecemos nos dias de hoje (Figura 2.7).

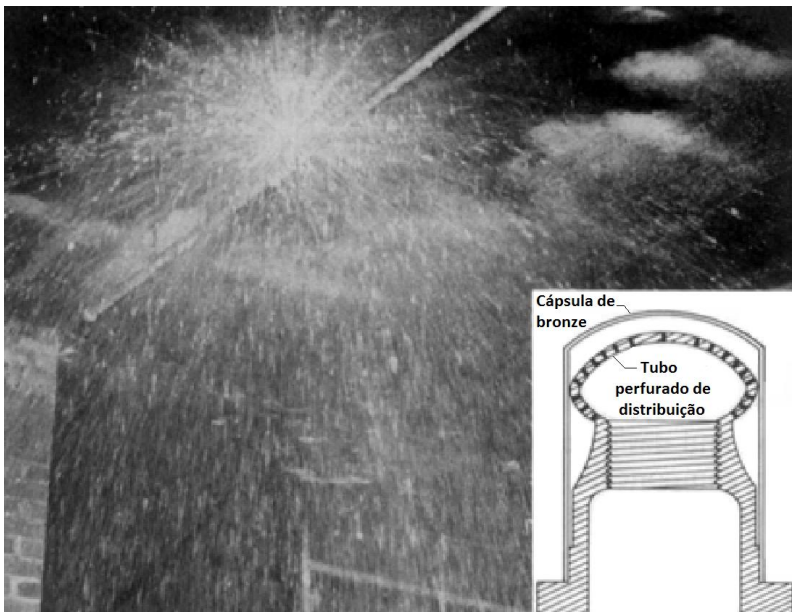


Figura 2.7 – Parmalee sprinkler [15]

Em 1878, o industrial Frederick Grinnel, patenteou um sistema de tubagens metálicas perfuradas para proteção contra incêndios e comprou os direitos de fabrico dos sprinklers Parmalee, aperfeiçoando o seu fabrico com um conceito de descarga padrão.

A proteção de unidades industriais com sprinklers Parmalee foi amplamente procurada por outros industriais, mesmo antes de existir qualquer imposição legal ou vantagens de seguradoras para que instalassem estes sistemas.

A evolução e constante desenvolvimento de outros sistemas de extinção automática, levou à necessidade de normalizar a qualidade dos mesmos, surgindo um organismo destinado a esse efeito, em 1896, a National Fire Protection Association (NFPA).

Desde então, os sistemas de extinção automática têm vindo a ser desenvolvidos, para proteção de outras utilizações, como a indústria petrolífera, indústria naval, edifícios comerciais, edifícios residenciais, surgindo depois, sistemas de resposta rápida, sistemas adequados para risco de congelamento da água, etc.

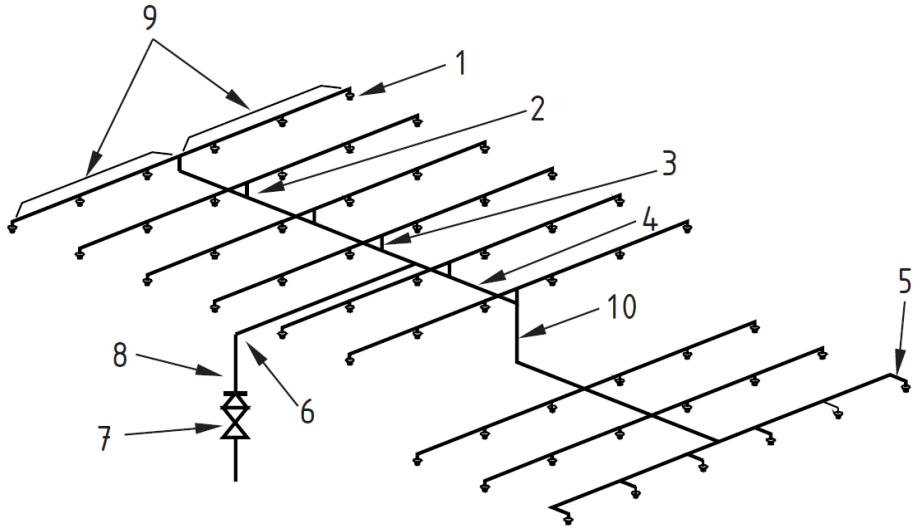
Os sistemas de extinção automática de incêndio por água pulverizada têm como função combater os incêndios nas fases mais preliminares do seu desenvolvimento, detetando e ativando-se automaticamente perante um foco de incêndio, impedindo o seu crescimento e controlando os incêndios até chegada de meios adicionais de combate e, eventualmente, promovendo mesmo a extinção dos incêndios.

São assim sistemas adequados a locais onde se desenvolvem atividades ou são armazenadas matérias combustíveis com elevada carga de incêndio, sem vigilância permanente, como sejam armazéns, indústrias, garagens automóveis, arquivos, entre outros.

2.6.2.2 Constituição dos sistemas de sprinklers

Existem vários tipos de funcionamento para os sistemas de sprinklers, desenvolvidos, de acordo com o tipo de resposta pretendido, as condições atmosféricas do local da instalação, etc., que se descrevem à frente com mais pormenor, nomeadamente os seguintes:

- Húmido (sistema mais comum);
- Seco (p.e., para locais onde exista risco de congelamento);
- Pré-ação (p.e., para reduzir o tempo de ativação do sistema);
- Dilúvio (p.e., para incêndios de rápido desenvolvimento).



Legenda:
1. Aspersor (sprinkler);
2. Troço ascendente;
3. Ponto de cálculo (sistemas pré-calculados);
4. Ramal de distribuição;
5. Braço de tubo para aspersor;
6. Ramal de distribuição principal;
7. Válvula de controlo;
8. Coluna Montante;
9. Sub-ramais;
10. Troço descendente.

Figura 2.8 – Componentes principais de um sistema de sprinklers. Adaptado de: [16].

Podem enumerar-se os componentes principais, constituintes dos sistemas de sprinklers, comuns aos diferentes tipos de sistemas existentes, nomeadamente, os seguintes (Figura 2.8):

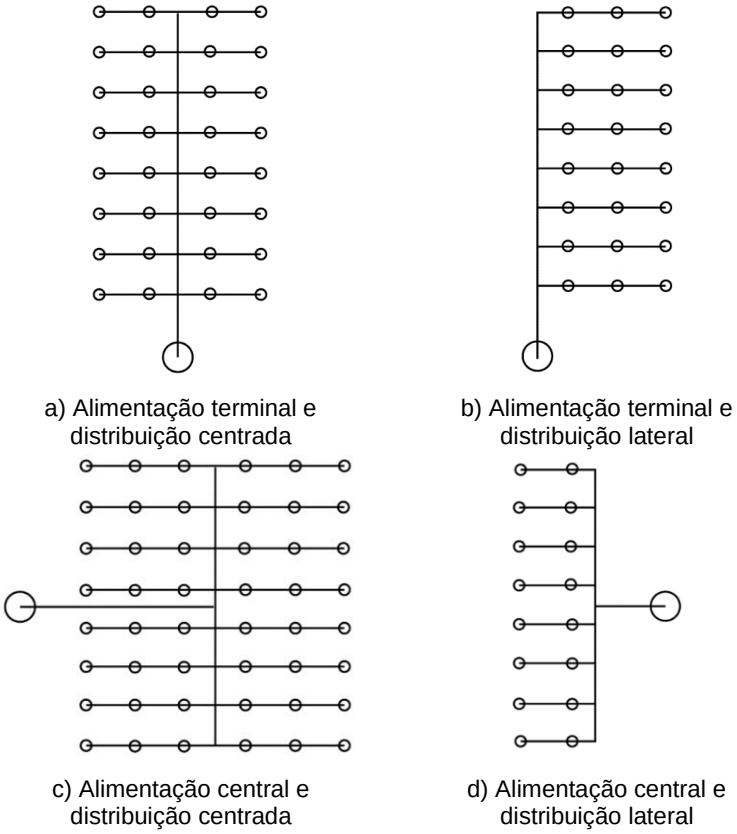
- Ligação à fonte de abastecimento de água;
- Rede fixa de distribuição (coluna montante, ramais, sub-ramais, etc.);
- Aspersores de água ("sprinklers");
- Posto de controlo (válvula de retenção e alarme).

Quanto ao tipo de distribuição em planta, as redes de sprinklers podem classificar-se em:

- Redes ramificadas;
- Redes emalhadas.

As ramificações das redes de sprinklers podem ser classificadas conforme considerado na norma europeia 12845 [16], da seguinte forma:

- Disposição lateral, com alimentação central;
- Disposição lateral com alimentação terminal;
- Disposição centrada, com alimentação central;
- Disposição centrada com alimentação terminal;
- Outras disposições.



a) Alimentação terminal e distribuição centrada

b) Alimentação terminal e distribuição lateral

c) Alimentação central e distribuição centrada

d) Alimentação central e distribuição lateral

Figura 2.9 – Configurações típicas de um sistema de sprinklers. Adaptado de: [16].

Quanto à forma da descarga da água, desenvolveram-se vários tipos de aspersores para as mais variadas situações de incêndio, destacando-se os seguintes, para as situações ditas normais:

- Old style sprinklers - Aspersores convencionais, conhecidos também por aspersores de modelo antigo, cujo defletor permite que uma parte da água seja projetada para cima, contra o teto e a outra parte, para baixo, assumindo uma forma aproximadamente esférica;
- Standard spray sprinkler – Aspersores considerados, nos dias de hoje, como sendo do tipo padrão, cujo defletor é concebido para que a água seja projetada para baixo, totalmente sobre o foco de incêndio, onde pouca ou nenhuma arte da água é dirigida para o teto, tomando uma forma aproximadamente hemisférica. Este é o tipo de aspersor mais utilizado, uma vez que, de acordo com Kenneth E. Isman [17], estudos mais recentes indicam que a configuração de descarga dos aspersores do tipo standard, oferece uma eficácia maior, tanto na extinção dos focos de incêndio abaixo do aspersor, como de eventuais incêndios no próprio teto acima do aspersor, por efeito de arrefecimento, ao contrário das teses inicialmente defendidas.

Para situações de cenários de incêndio especiais, existem vários outros tipos de aspersores, destacando-se os seguintes:

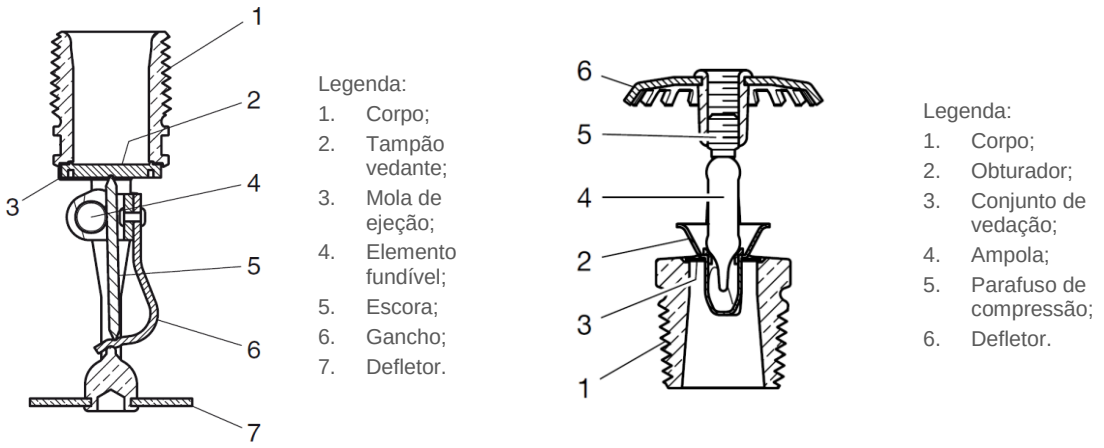
- *Sidewall sprinkler* – Que consistem em aspersores cujos defletores são concebidos para projeção lateral da água, em forma de um quarto de esfera (para a frente e para os lados do defletor);
- *Open sprinkler* – Que correspondem aos aspersores utilizados em sistemas do tipo dilúvio, que se encontram permanentemente abertos;
- *Residential sprinkler* – Que são aspersores desenvolvidos para ter uma resposta mais rápida que os aspersores de usos industriais e que descarregam menores quantidades de água, sendo calibrados para as situações mais comuns de incêndios residenciais e para as caraterísticas mais comuns das habitações, tais como, pés-direitos mais reduzidos que os industriais;
- *Large drop* – Conhecidos por aspersores de gota gorda, que permitem a pulverização de gotas de água com maior volume, permitindo um maior encharcamento e maior penetração nas chamas;
- *Early suppresion fast* response (ESFR) – Que oferece uma resposta mais rápida, sendo utilizado para aplicação em riscos graves;
- *Extended coverage sprinkler* – Que é um aspersor, que através de um defletor apropriado, permite uma maior área de cobertura;
- *Sprinklers on-off* – Que consistem em aspersores com dois níveis de atuação, sendo que entram em funcionamento após o primeiro elemento térmico atuar, mas que possuem um segundo elemento no seu interior que permite o fecho, caso a temperatura baixe até uma determinada temperatura e, volta a abrir, caso a temperatura volte a subir. Este tipo de funcionamento permite uma maior eficácia na extinção de alguns tipos de incêndios, do que num regime de descarga contínua.

Quanto ao tipo de montagem dos sprinklers, os aspersores podem ser instalados na posição:

- *Upright*, quando montados acima da tubagem, na posição montante;
- *Pendent*, quando montados abaixo da tubagem, na posição pendente;
- *Sidewall*, quando os aspersores montados quer na vertical, quer horizontal, ficam localizados perto de uma superfície vertical, como por exemplo, uma parede ou pilar;
- *Recessed*, quando os aspersores ficam embebidos em teto falso, possuindo orlas decorativas de encosto e remate ao teto, ficando apenas visíveis o aspersor e o elemento de atuação térmica;
- *Concealed*, quando ficam ocultos no teto, possuindo um mecanismo de atuação, cuja tampa que serve para ocultar o aspersor e serve também de sensor térmico para fazer atuar o aspersor, desengatando-se do corpo do aspersor nesse instante.

O aspersor standard é, essencialmente, constituído pelos seguintes elementos, conforme representado na Figura 2.10, nomeadamente:

- Rosca de fixação;
- Orifício de descarga calibrado;
- Tampão de vedação.
- Elemento térmico de atuação;
- Braços de suporte;
- Defletor, para projeção da água em forma pulverizada.



a) Aspersor pendente com fusível metálico. b) Aspersor montante com ampola de vidro.

Figura 2.10 – Constituição de sprinklers do tipo standard. Adaptado de: [18].

Quanto ao modo de atuação dos aspersores automáticos, existem dois tipos de elementos de atuação distintos, conforme exemplos da Figura 2.11, nomeadamente:

- Termofusível – Que consiste num elemento de uma determinada liga metálica, que mantém o orifício de descarga normalmente vedado, mas que funde, quando sujeito a uma determinada temperatura, desobstruindo assim o orifício de descarga;
- Ampola de vidro - Que consiste num recipiente em vidro fechado, contendo no seu interior uma porção de líquido, cuja cor permite identificar a temperatura de funcionamento do sprinkler e uma pequena porção de ar, que vai diminuindo à medida que o líquido expande com a temperatura do incêndio, até partir a ampola de vidro, desobstruindo assim o orifício de descarga.



a) Aspersor pendente com fusível metálico. b) Aspersor montante com ampola de vidro.

Figura 2.11 – Exemplos de atuadores térmicos de sprinklers do tipo standard. Fonte: [18].

A temperatura de ativação dos sprinklers depende da temperatura ambiente de um determinado local, do aumento de temperatura espectável num determinado incêndio, das caraterísticas do local de risco, como sejam a altura a que está instalado o sprinkler, condições de ventilação, entre outras.

Normalmente a temperatura para a ativação dos sprinklers, deve ter por base a temperatura ambiente máxima espectável, acrescendo-se no mínimo 30 ˚C [19].

As temperaturas nominais de ativação dos sprinklers, consideradas na EN 12259-1 [20], identificam-se através de um código de cores, da forma como se indica no Quadro 2.4.

Quadro 2.4 – Temperaturas de ativação de sprinklers [21].

Ampola de vidro		Liga metálica termofusível	
Temperatura (ºC)	Cor do líquido	Temperatura (ºC)	Cor marcada nos braços do sprinkler
57	Laranja	_	_
68	Vermelho	57 a 77	Sem cor
79	Amarelo	_	_
93 a 100	Verde	80 a 107	Branco
121 a 141	Azul	121 a 149	Azul
163 a 182	Roxo	163 a 191	Vermelho
204 a 260	Preto	204 a 246	Verde
_	_	260 a 302	Laranja
_	_	320 a 343	Preto

A capacidade de débito de água de um aspersor, ou seja, o caudal debitado por um sprinkler, depende do diâmetro do orifício de descarga e da pressão a que se encontra a água na instalação, sendo traduzido pelo conceito do coeficiente de descarga do aspersor, dado pela seguinte expressão:

$$Q = K\sqrt{10P} \qquad (2.1)$$

onde:
Q — é o caudal em L/min;
K — é o coeficiente de descarga (l.min^{-1}.bar$^{-1/2}$);
P — é a pressão em bar.

O coeficiente de descarga para as situações correntes toma o valor de 80, no entanto, o projetista pode optar valores de k inferiores a 80, por exemplo em situações de pequenos espaços a proteger, ou pode optar por valores de k superiores a 80, quando pretende ter maiores caudais à mesma pressão, por exemplo, quando pretende maior penetração das gotas de água pulverizada em situações de incêndios em que são geradas chamas e correntes de ar ascendentes muito fortes.

Quadro 2.5 – Coeficiente K, medido em ensaios de sprinklers, entre pressões de 0,5 a 6,5 bar [20].

Diâmetro do orifício do aspersor (mm)	Coeficiente K
10mm (3/8")	57
15mm (1/2")	80
20mm (3/4")	115

2.6.2.3 Classes de risco em sistemas de sprinklers

O débito, calibre, área de descarga, tipo de projeção, distribuição e outras caraterísticas dos sprinklers, devem ser adequadas aos riscos a proteger em cada situação.

A classificação dos riscos a proteger pelos sprinklers, está definida nas normas específicas referentes a estes sistemas, como seja, a norma europeia EN 12845 [16] e a norma americana NFPA 13 [22].

A norma abordada neste trabalho, designadamente, a norma europeia EN 12845 [16], classifica os riscos a proteger pelos sprinklers em três classes principais:

- LH – *Ligth Hazard* (risco ligeiro);
- OH – *Ordinary Hazard* (risco ordinário);
- HH – *Higth hazard* (risco elevado).

A classe de risco ligeiro (LH), é atribuída em utilizações com baixa carga de incêndio e baixa combustibilidade, em compartimentos com volume não superior a 126 m^3 e, possuindo uma envolvente com resistência ao fogo mínima de 30 minutos.

A classe de risco ordinário (OH), é atribuída em utilizações do tipo industrial, onde são produzidos ou manufaturados materiais com média carga de incêndio e média combustibilidade, que se subdivide em quatro subclasses (em função da altura de armazenamento, espaçamento entre materiais, etc.), nomeadamente, as subclasses OH1, OH2, OH3 e OH4.

A classe de risco elevado (HH), é atribuída em utilizações do tipo industrial, onde são produzidos ou manufaturados materiais com elevada carga de incêndio, elevada combustibilidade e possibilidade de desenvolvimento rápido do fogo, agrupados em duas subclasses:

- HHP – *High hazard process* (risco grave em produção), que também se subdivide em quatro subclasses, nomeadamente, HHP1, HHP2, HHP3 e HHP4;
- HHS - *High hazard storage* (risco grave em armazenamento), que também se subdivide em quatro subclasses, nomeadamente, HHS1, HHS2, HHS3 e HHS4.

No Quadro 2.6 apresentam-se alguns exemplos de utilizações da classe de risco LH, no Quadro 2.7 apresentam-se exemplos de utilizações da classe de risco OH e no Quadro 2.8 dão-se exemplos de utilizações da classe de risco HH (apenas da classe de risco HHP, uma vez que nos casos da classe de risco HHS, cada situação tem de ser alvo de uma avaliação própria).

Quadro 2.6 – Exemplos de utilizações da classe de risco LH [16].

LH	Escolas e outros estabelecimentos de ensino (certos espaços); Edifícios administrativos (certos espaços); Prisões, etc.

Quadro 2.7 – Exemplos de utilizações da classe de risco OH [16].

OH1	Fábricas de cimento; Fábricas de produtos em chapa metálica, Matadores; Indústrias de lacticínios; Hospitais; Hotéis; Bibliotecas (exceto depósitos de livros); Restaurantes; Escolas; Edifícios Administrativos; Salas de computadores (excluindo depósitos de bobines), etc.
OH2	Laboratórios fotográficos; Indústrias de produtos fotográficos; Stands de automóveis (garagens); Padarias; Cervejeiras; Fábricas de chocolate; Fábricas de confeções; Laboratórios; Lavandarias; Parqueamentos; Museus; Fabricas de peles, etc.
OH3	Fábricas de vidros; Tinturarias; Fábricas de Sabão; Fábricas de eletrónica; Fábricas de alimentação para animais (rações); Moagens; Fábricas de açúcar; Estúdios de emissão rádio; Gares de caminho de ferro; Gabinetes de projeto; Oficinas de encadernação; Fábricas de papel; Tipografias; Fábricas de cabos; Fábricas de plástico e artigos em plástico excluindo espumas); Fábricas de borracha; Fábricas de fibras sintéticas (excluindo acrílicos), oficinas de vulcanização; Armazéns de lojas e escritórios; Fábricas de tapeçarias (excluindo borracha e espuma plástica); Fábricas de tecidos e roupas; Fábricas de calçado; Fábricas de malhas; Fábricas de linho; Fábricas de colchões (excluindo espuma plástica); Fábricas de costura; Fábricas de tecelagem; Fábricas de mobiliário em madeira; Carpintarias; Salas de exposição de mobiliário em madeira; oficinas de estofadores (excluindo espuma plástica), etc.
OH4	Fábricas de cera (para velas); Fábricas de fósforos; Oficinas de pintura; destilarias de álcool; Cinemas e teatros; Salas de concertos; Fábricas de tabaco; Reciclagem de papel; Fábricas de cordame; Salões de exposição; Tecelagem de algodão; Fábricas de preparação de linho; Fábricas de preparação de cânhamo, etc.

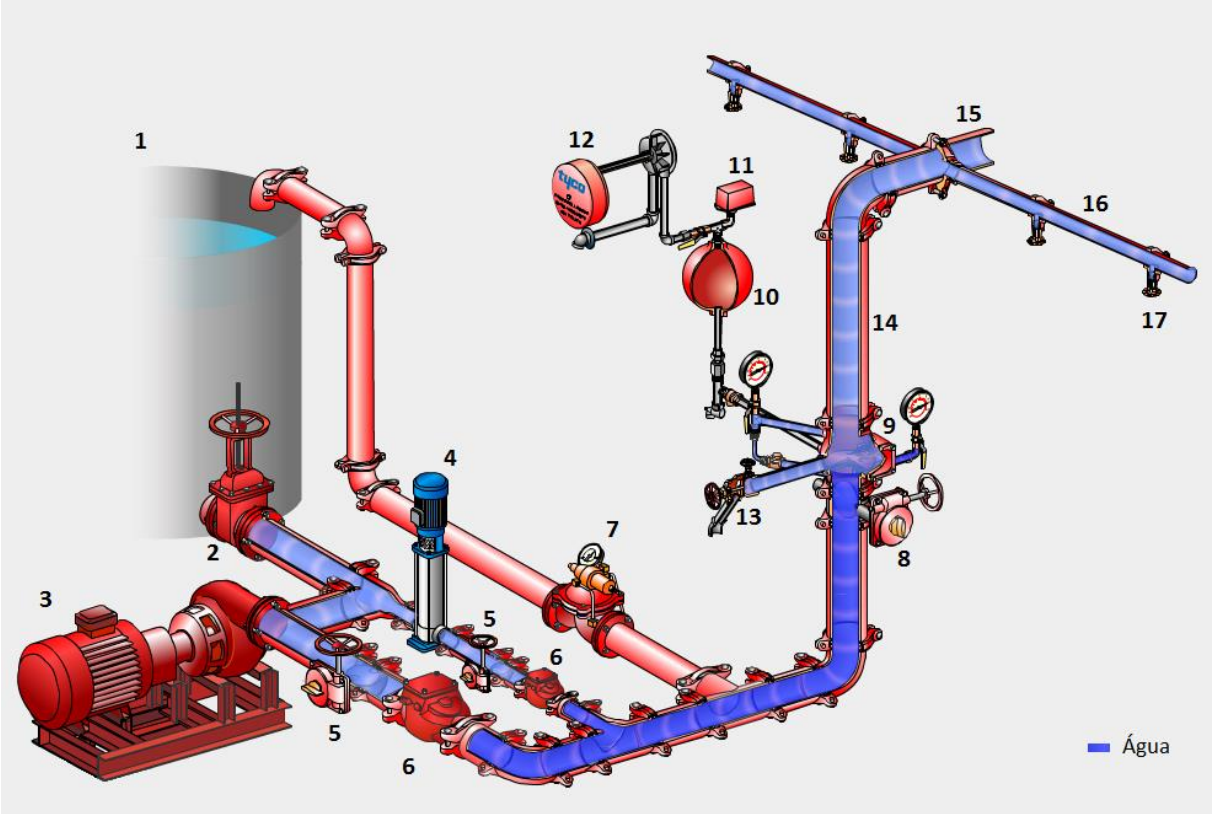
Quadro 2.8 – Exemplos de utilizações da classe de risco HH [16].

HHP1	Fábricas de telas de pavimento e linóleo; Fábricas de resina, carvão negro e terebentina; Fábricas de fósforos, Fábricas de corda; Fábricas de calçado, incluindo plásticos e borrachas; Tipografias; Oficinas de aplicação de tintas com solventes; etc.
HHP2	Fábricas de isqueiros; Fábricas de espumas de plástico; Fábricas de cartão; Fábricas de destilação de alcatrão; Fábricas de velas de cera e parafina; Serrações, etc.
HHP3	Fábricas de nitrato de celulose; Fábricas de pneus de borracha; etc.
HHP4	Fábricas de fogo de artifício, etc.
HHS1	Avaliação para cada caso em particular.
HHS2	
HHS3	
HHS4	

2.6.2.4 Sistemas de sprinklers do tipo húmido

Os sistemas do tipo húmido estão em carga permanente em toda a tubagem e, entram imediatamente em funcionamento quando, na ocorrência de um incêndio, a temperatura se eleva a um valor tal que, ultrapassa a temperatura calibrada do elemento térmico (ampola ou termofusível metálico) de um dos aspersores.

A aspersão da água é, portanto, localizada apenas no foco do incêndio numa fase inicial e vai aumentando a área de aspersão, caso o incêndio não seja extinto, à medida que este se vai propagando.



Legenda:

1. RASI;
2. Válvula de cunha;
3. Bomba principal;
4. Bomba auxiliar (reguladora de pressão);
5. Válvula de corte;
6. Válvula de retenção;
7. Válvula de alívio de pressão;
8. Válvula de corte manual do sistema;
9. Válvula de retenção e alarme do sistema húmido;
10. Câmara de retardo;
11. Pressostato de alarme elétrico;
12. Avisador hidráulico de alarme;
13. Válvula de drenagem do sistema;
14. Coluna montante;
15. Ramal;
16. Sub-ramal;
17. Sprinkler.

Figura 2.12 – Esquema de instalação de sprinklers do tipo húmido. Adaptado de: [23].

Os sistemas de extinção automática do tipo húmido, têm a configuração esquemática se apresenta na Figura 2.12 e, são constituídos pelos seguintes elementos principais:

- Posto de controlo com válvula de retenção e alarme (composto por válvula de retenção e ligação ao sistema de alarme);
- Sistema de alarme (composto por uma câmara de retardo, um avisador local de alarme e um pressostato de alarme aos bombeiros);
- Câmara de retardo (para compensar eventuais diferenças de pressão na tubagem de alimentação de água, de forma a evitar falsos alarmes);

- Avisador local de alarme (composto por motor hidráulico e gongo de alarme);
- Pressostato de alarme (para comunicar o alarme ao SADI/ bombeiros após ativação do sistema de sprinklers);
- Circuito de teste (incluindo tubagem para drenagem).

A válvula de retenção e alarme de um sistema do tipo húmido, tem como funções principais, impedir que o fluxo retorne para montante, bem como, fazer ativar o alarme do sistema.

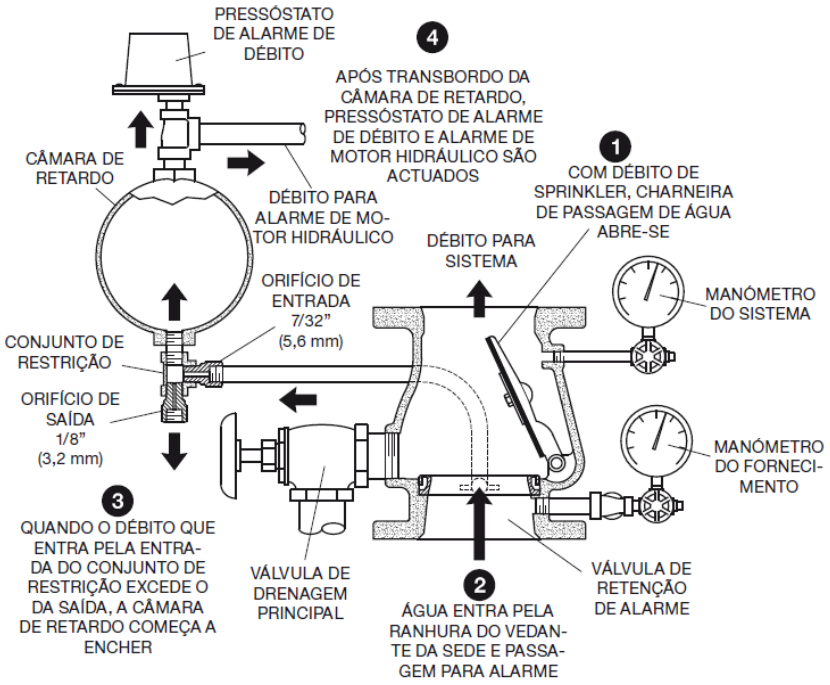


Figura 2.13 – Esquema da válvula de retenção e alarme (sistema húmido). Adaptado de: [24].

Os sistemas do tipo húmido são os mais utilizados, devido à simplicidade da sua instalação, à considerável fiabilidade e ao baixo custo de instalação e manutenção, relativamente aos restantes tipos.

De acordo com a norma europeia EN 12845 [16], os sistemas húmidos devem ser utilizados, nas seguintes situações e, atendendo aos seguintes aspetos:

- Quando as redes de sprinklers são emalhadas ou dispostas em anel, apenas deverão ser utilizados sistemas do tipo húmido;
- Devem ser instalados apenas em locais onde não haja o risco de congelamento da água, nem o onde a temperatura ambiente exceda 95ºC (risco de vaporização da água);
- É permitido adotar ramificações subsidiárias com tubagem seca, mas apenas em pequenas áreas, onde exista o risco de congelamento ou de vaporização da água nas tubagens;
- A extensão das ramificações subsidiárias de tubagem seca ou alternada, deve ser considerada, em função do número máximo de sprinklers alimentados, de acordo com o Quadro 2.9;

Quadro 2.9 – Nº máximo de sprinklers alimentados por ramificações subsidiárias em sistemas húmidos [16].

Nº sprinklers alimentados/ ramificação subsidiária	≤ 100
Nº sprinklers alimentados/ válvula de controlo (quando existe mais do que 1 ramificação)	≤ 250

- É permitida também a utilização de liquido anti-congelante, ou, o envolvimento da tubagem com resistências elétricas (devidamente protegidas), como métodos alternativos de proteção contra o risco de congelamento da água nas tubagens;
- A extensão das ramificações subsidiárias, quando se utiliza líquido anticongelante, em áreas de risco de congelamento, deve ser considerada em função do número máximo de sprinklers alimentados, de acordo com o Quadro 2.10;

Quadro 2.10 – Nº máximo de sprinklers alimentados com líquido anti-congelante [16].

Nº sprinklers alimentados/ ramificação subsidiária	≤ 20
Nº sprinklers alimentados/ válvula de controlo (quando existe mais do que 1 ramificação)	≤ 100

- A cobertura máxima de um sistema de sprinklers húmido, deve respeitar o Quadro 2.11.

Quadro 2.11 – Cobertura máxima de sistemas de sprinklers do tipo húmido e do tipo pré-ação [16].

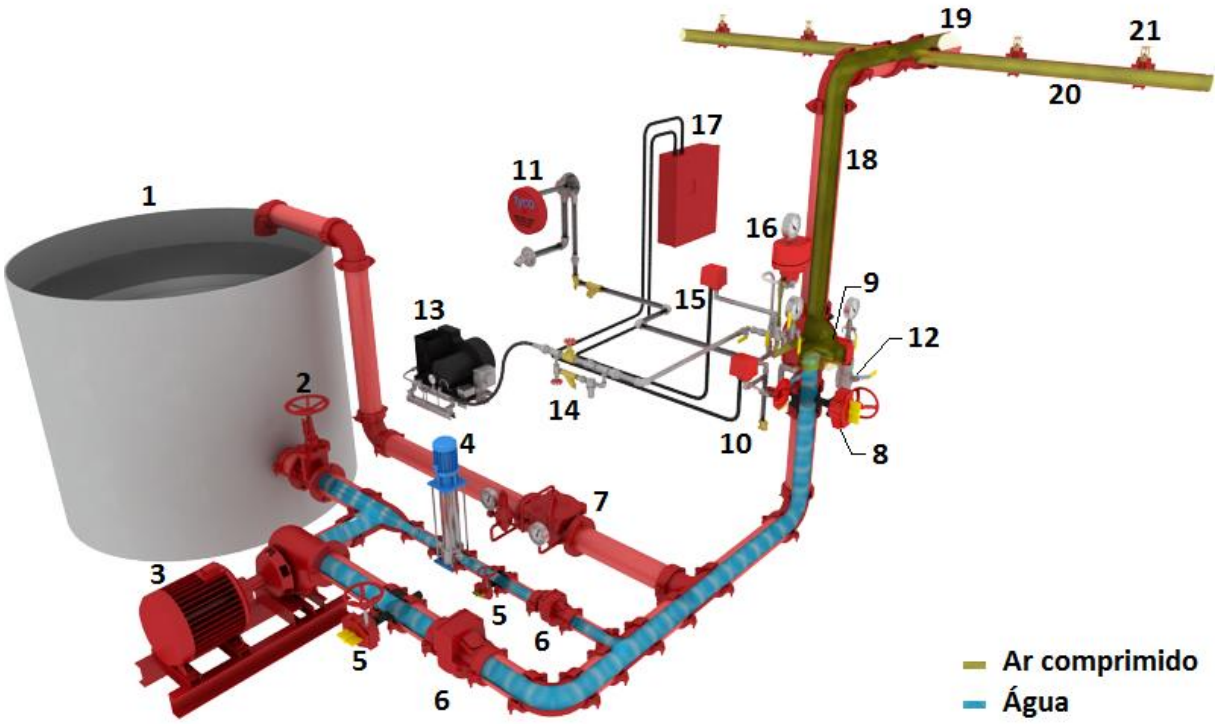
Classe de risco	Área máxima por válvula de controlo (m^2)
LH	10000
OH	12000
HH	9000

2.6.2.5 Sistemas de sprinklers do tipo seco

Os sistemas do tipo seco, como o próprio nome indica, têm uma parte da tubagem que não está em carga, entre os aspersores e uma válvula de retenção a montante, que fica preenchida com ar comprimido ou gás inerte pressurizado (azoto, árgon, etc.), em vez de água.

Os sistemas de extinção automática do tipo seco, têm a configuração esquemática se apresenta na Figura 2.14 e, são constituídos pelos seguintes elementos principais:

- Posto de controlo ou válvula de retenção e alarme (composto por válvula de retenção e ligação ao sistema de alarme);
- Sistema de alarme (composto por um avisador local de alarme e um pressostato de alarme);
- Avisador local de alarme (composto por motor hidráulico e gongo de alarme);
- Pressostato de alarme (para comunicar o alarme ao SADI/ bombeiros após ativação do sistema de sprinklers);
- Circuito de teste (incluindo tubagem para drenagem);
- Meio fiável de fornecimento de ar comprimido, como seja, um compressor de ar, ou, cilindros de gás comprimido (azoto, árgon, etc.).
- Acessório de aceleração da abertura da válvula de retenção do sistema (geralmente instalada, pela necessidade de reduzir o tempo de descarga de água, principalmente, quando a distância entre o posto de controlo do sistema e os sprinklers é considerável).



Legenda:

1. RASI;
2. Válvula de cunha;
3. Bomba principal;
4. Bomba auxiliar (reguladora de pressão);
5. Válvula de corte;
6. Válvula de retenção;
7. Válvula de alívio de pressão;
8. Válvula de corte manual;
9. Válvula de retenção e alarme do sistema seco;
10. Pressostato de alarme;
11. Avisador hidráulico de alarme;
12. Válvula de drenagem;
13. Compressor de ar;
14. Sistema de manutenção de pressão do ar comprimido;
15. Pressóstato do circuito de ar comprimido;
16. Acelerador;
17. Painel de alarme;
18. Coluna montante;
19. Ramal;
20. Sub-ramal;
21. Sprinkler.

Figura 2.14 – Esquema de instalação de sprinklers do tipo seco. Adaptado de: [23]

A explosão do sensor térmico de um aspersor provoca, em primeiro lugar, o esvaziamento do ar comprimido e, de seguida, a abertura da válvula de retenção, que permitirá a passagem da água, pelo que, nas situações em que a distância entre a válvula de retenção e os sprinklers é considerável, é geralmente necessário instalar um dispositivo de aceleração da abertura da válvula de retenção.

Para que a válvula de retenção se mantenha na posição fechada, o prato de vedação da válvula é desenhado de forma a que, a pressão do circuito de tubagem preenchida com ar comprimido ou gás, se equilibre com a pressão do circuito de tubagem preenchida com água, conforme indicado na Figura 2.15.

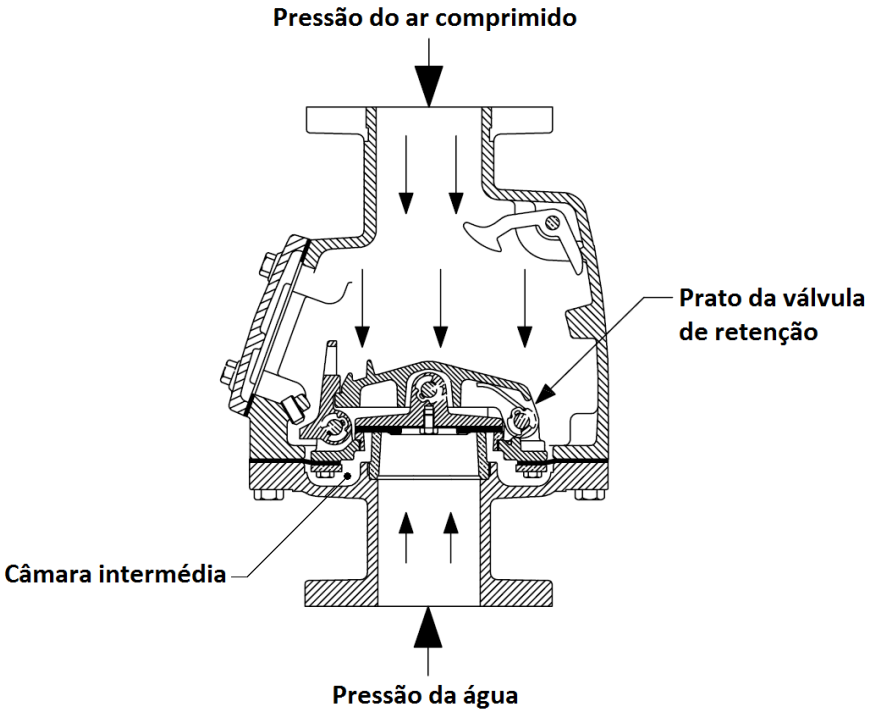


Figura 2.15 – Esquema da válvula de retenção de um sistema do tipo seco. Adaptado de: [25].

De acordo com a norma europeia EN 12845 [16], os sistemas de pré-ação devem ser utilizados, atendendo aos seguintes aspetos:

- Apenas devem ser utilizados sistemas secos, onde haja o risco de congelamento da água (segundo Puchovsky [26], sempre que ocorrerem temperaturas inferiores a 4ºC), nem onde a temperatura ambiente exceda 70ºC (por exemplo, em fornos de secagem);
- A extensão máxima de um sistema de sprinklers seco ou alternado, deve ser determinada, de forma a que o tempo de descarga de água, após a abertura de um sprinkler, seja no máximo de 60 s, ou, quando não for calculado este parâmetro, de forma a respeitar o Quadro 2.12.

Quadro 2.12 – Extensão máxima de sistemas de sprinklers do tipo seco e do tipo alternado [16].

Volume máximo de tubagem em sistemas do tipo seco ou alternado (m^3)		
Classe de risco	LH e OH	HH
s/ acelerador	1,5	_
c/ acelerador	4,0	3,0

Devido à necessidade de ter permanentemente um circuito de ar comprimido ou gás inerte pressurizado, um sistema do tipo seco implica assim maiores custos de manutenção e de exploração e, maiores cuidados de calibração, do que num sistema do tipo húmido.

2.6.2.6 Sistemas de sprinklers do tipo alternado

Os sistemas do tipo alternado, como o próprio nome indica, são sistemas que podem ser configurados tanto, para funcionarem como sistemas húmidos, como para sistemas do tipo seco, consoante a necessidade.

Este tipo de sistemas tem interesse em ser utilizado, quando de podem evitar custos desnecessários de exploração dos sistemas, nos meses mais quentes do ano, sendo configurados no tipo húmido nos meses de verão e, configurados no tipo seco, nos meses de inverno.

Estes sistemas podem ser constituídos por uma válvula de controlo de cada tipo (húmida e seca), ou por uma única válvula de controlo, com possibilidade de configuração para os dois tipos de funcionamento.

Em tudo o resto, a configuração e requisitos a cumprir, seguem o que foi referido atrás, sobre os sistemas do tipo húmido e seco, respetivamente.

2.6.2.7 Sistemas de sprinklers do tipo dilúvio

Os sistemas do tipo dilúvio são semelhantes aos sistemas do tipo seco, no entanto, os aspersores estão permanentemente abertos, sem fusíveis metálicos ou bolbos de vidro, encontrando-se a tubagem completamente vazia a jusante do posto de controlo.

Estes sistemas são geralmente utilizados em situações com riscos especiais de incêndio, onde é necessário, simultaneamente, um sistema do tipo seco e uma atuação rápida, sobre toda a área protegida, de forma a evitar ao máximo a propagação do incêndio.

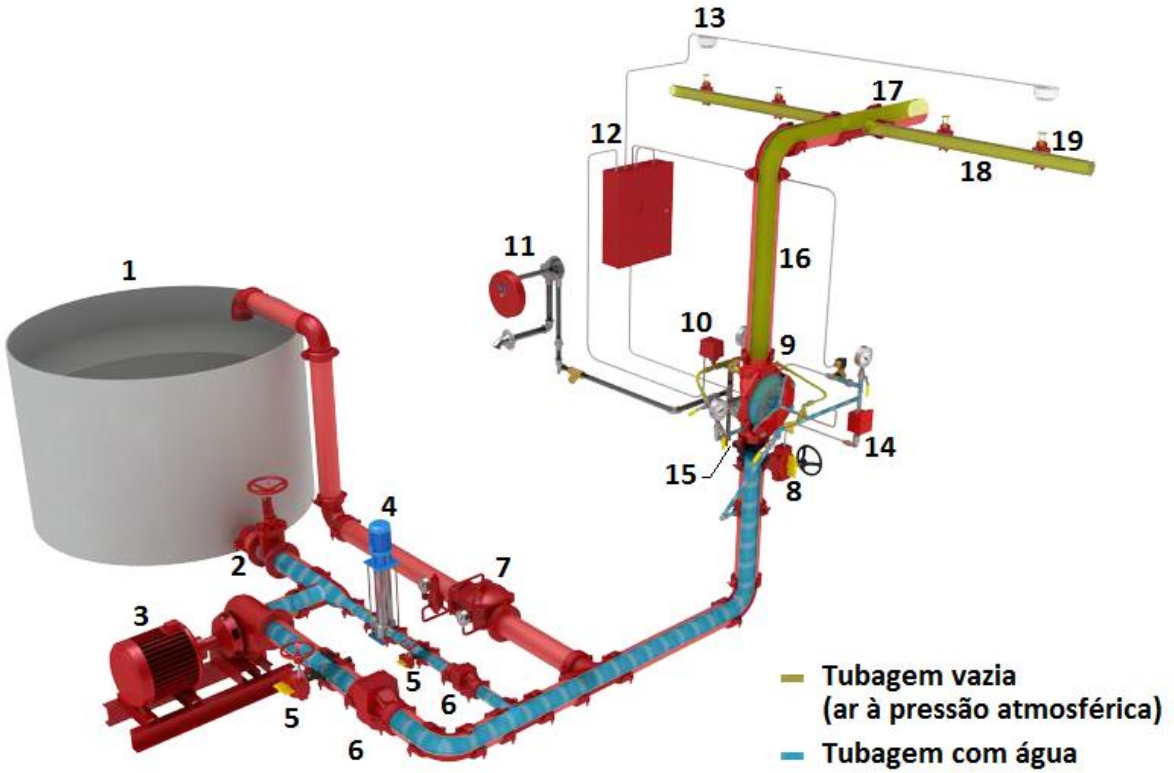
O tempo de descarga, desde a abertura da válvula de inundação, não deve ser superior a 60 s, considerando o mesmo requisito exigido para os sistemas do tipo seco.

A válvula de separação entre a tubagem em carga e a tubagem vazia é designada por válvula de inundação e é colocada no posto de controlo.

A abertura da válvula de dilúvio, requer um sistema automático complementar de deteção e acionamento, que permite que a ativação do sistema de sprinklers, seja mais rápida do que nos sistemas do tipo seco, deixando de ser necessária a instalação do dispositivo acelerador da abertura.

Os sistemas de extinção automática do tipo dilúvio, têm a configuração esquemática se apresenta na Figura 2.16 e, são constituídos pelos seguintes elementos principais:

- Posto de controlo com válvula de retenção e alarme (composto por válvula de retenção do tipo dilúvio ou inundação e ligação ao sistema de alarme);
- Sistema de alarme (composto por um avisador local de alarme e um pressostato de alarme);
- Avisador local de alarme (composto por motor hidráulico e gongo de alarme);
- Pressostato de alarme (para comunicar o alarme ao SADI/ bombeiros após ativação do sistema de sprinklers);
- Circuito de teste (incluindo tubagem para drenagem).



Legenda:

1. RASI;
2. Válvula de cunha;
3. Bomba principal;
4. Bomba auxiliar (reguladora de pressão);
5. Válvula de corte;
6. Válvula de retenção;
7. Válvula de alívio de pressão;
8. Válvula de corte manual;
9. Válvula de inundação e alarme do sistema de dilúvio;
10. Pressostato de alarme;
11. Avisador hidráulico de alarme;
12. Painel de alarme;
13. Detetor de incêndio;
14. Válvula manual de acionamento;
15. Válvula de drenagem;
16. Coluna montante;
17. Ramal;
18. Sub-ramal;
19. Sprinkler.

Figura 2.16 – Esquema de instalação de sprinklers do tipo dilúvio. Adaptado de: [23]

A abertura da válvula de retenção é conseguida através de um sistema ativação auxiliar, que pode ser de vários tipos:

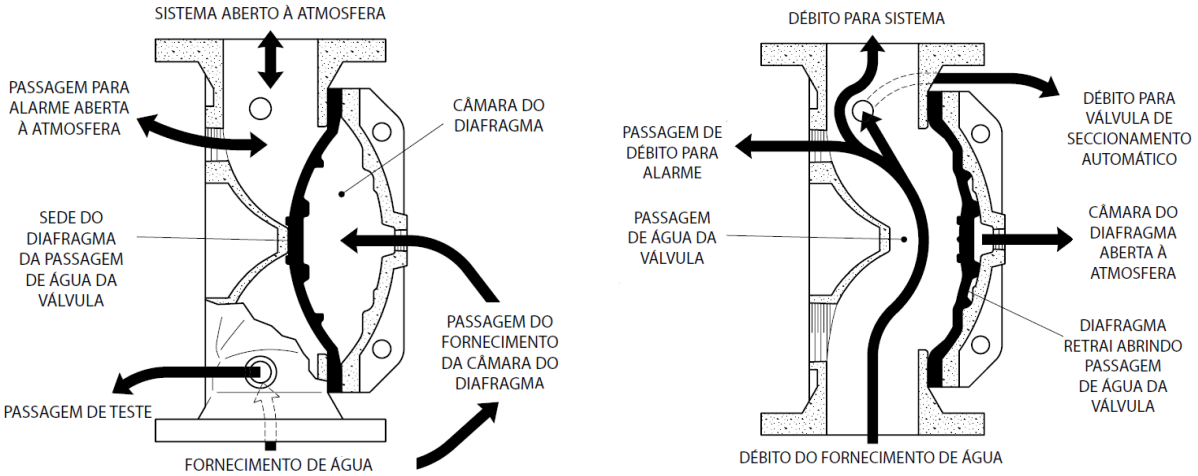
- Hidráulico (atuador pneumático, com a tubagem piloto cheia com água, associada a sprinklers de atuação rápida);
- Pneumático (atuador pneumático, com a tubagem piloto cheia com ar comprimido, ou gás inerte pressurizado, associada a sprinklers de atuação rápida);
- Elétrico (válvula solenoide, com tubagem elétrica, associada a detetores elétricos de incêndio).

Para que a válvula de retenção se mantenha na posição fechada, o diafragma de vedação da válvula é posicionado numa câmara, que possui uma derivação, proveniente do ramal de abastecimento de água, ficando pressurizada e em equilíbrio hidráulico com o circuito de abastecimento de água, conforme o exemplo representado na Figura 2.17.a).

O enchimento do sistema é feito, de forma a que, se encha primeiro a câmara do diafragma e, só depois, seja aberta a válvula de corte manual do sistema, ficando o sistema armado e pronto a ser utilizado.

A válvula de dilúvio abre, quando o sistema auxiliar de deteção de incêndio é ativado e promove a abertura de uma válvula de corte automático, que leva ao esvaziamento da câmara do diafragma, conforme representado no exemplo da Figura 2.17.b).

Imediatamente após a abertura da válvula de dilúvio, dá-se a inundação da tubagem seca e, a descarga de água, por todos os sprinklers do tipo aberto.



a) Válvula na pisição fechada. b) Válvula na posição aberta.

Figura 2.17 – Esquema da válvula de retenção, do tipo inundação ou dilúvio. Adaptado de: [27].

2.6.2.8 Sistemas de sprinklers do tipo pré-ação

Os sistemas do tipo pré-ação, são semelhantes aos sistemas do tipo seco, onde a tubagem a jusante da válvula de controlo, é preenchida com ar ou gás pressurizado, entre os aspersores (fechados) e a válvula de controlo, tal como nos sistemas do tipo seco, mas são dotados de mecanismos adicionais de ativação, de forma a que sejam evitadas descargas acidentais de água.

São, portanto, indicados para utilização em locais onde uma ativação acidental pode causar danos e prejuízos inaceitáveis, como por exemplo, salas de servidores, salas de telecomunicações, museus, bibliotecas, câmaras frigoríficas, etc.

De acordo com a norma europeia EN 12845 [16], um sistema de pré-ação deve verificar os seguintes aspetos:

- Ter uma extensão tal, que permita que o tempo de descarga de água por um sprinkler, após a ativação do sistema, seja de 60 s, no máximo;
- Ter uma cobertura máxima por válvula de controlo, de acordo com o Quadro 2.11.

A norma europeia EN 12845 [16], admite dois tipos de sistemas do tipo pré-ação:

- Sistemas de pré-ação do tipo A;
- Sistemas de pré-ação do tipo B.

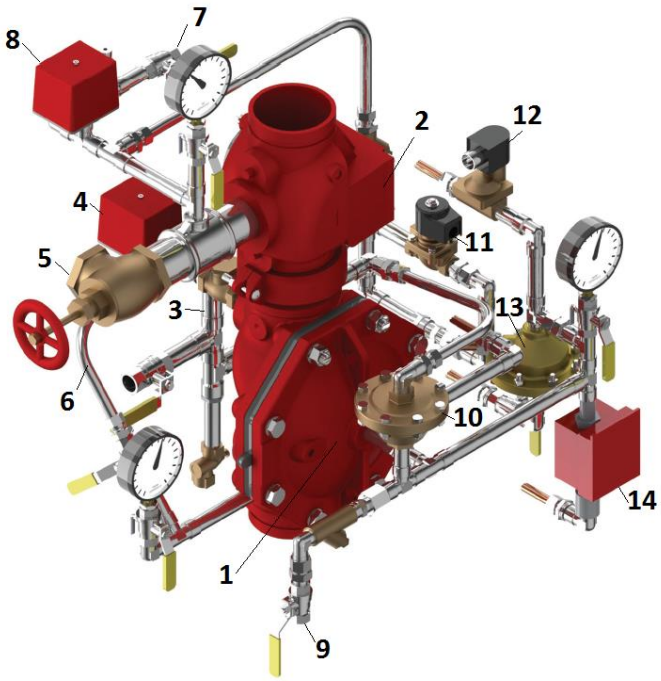
Um sistema de pré-ação do tipo A, é basicamente um sistema do tipo seco, onde a válvula de controlo é ativada por um sistema automático de deteção de incêndio e, não por atuação direta de um sprinkler.

No entanto, a norma europeia [16] preconiza que, em caso de falha do sistema automático de deteção de incêndio, a válvula de controlo de um sistema pré-ação do tipo A, funcione como uma válvula de controlo de um sistema do tipo seco.

Preconiza ainda, a instalação de uma válvula de ativação manual do posto de controlo, colocada em local adequado, para abrir manualmente a válvula de dilúvio, em situações de emergência.

Quanto à configuração de um sistema de pré-ação do tipo A, é em tudo, semelhante à de um sistema seco, com exceção das válvulas de controlo.

Exemplifica-se na Figura 2.18, a constituição de um posto de controlo de um sistema de pré-ação do tipo A.



Legenda:

1. Válvula de dilúvio;
2. Válvula de retenção;
3. Circuito de alarme;
4. Pressostato de alarme;
5. Válvula de drenagem;
6. Circuito de drenagem;
7. Circuito de ar comprimido/ gás inerte pressurizado;
8. Pressotato de ar comprimido/ gás inerte pressurizado;
9. Circuito de enchimento da câmara do diafragma da válvula de dilúvio;
10. Válvula de segurança que impede que o diafragma volte a fechar, caso haja falha de energia na eletroválvula;
11. Válvula pneumática solenóide (normalmente na posição aberta);
12. Electroválvula solenóide (normalmente na posição fechada);
13. Atuador penumático que abre a válvula de dilúvio, em caso de falha do SADI, ficando o sistema a funcionar como sistema tipo seco;
14. Válvula manual, de abertura de emergência da válvula de controlo.

Figura 2.18 – Posto de controlo para sistemas de pré-ação tipo A. Adaptado de: [28].

O posto de controlo de um sistema de pré-ação do tipo A, é uma espécie de associação em paralelo, de uma válvula de retenção de um sistema de dilúvio, com uma válvula de retenção de um sistema seco.

A abertura da válvula de dilúvio, dá-se apenas por ativação do sistema automático de deteção de incêndios.

Em caso de falha do SADI, um sistema pneumático abre a válvula de dilúvio, passando a funcionar como um sistema seco, mas onde a ativação é muito mais rápida (facto que dispensa a instalação de dispositivo acelerador).

Em qualquer das duas situações, a descarga de água, apenas ocorre se houver abertura de um sprinkler.

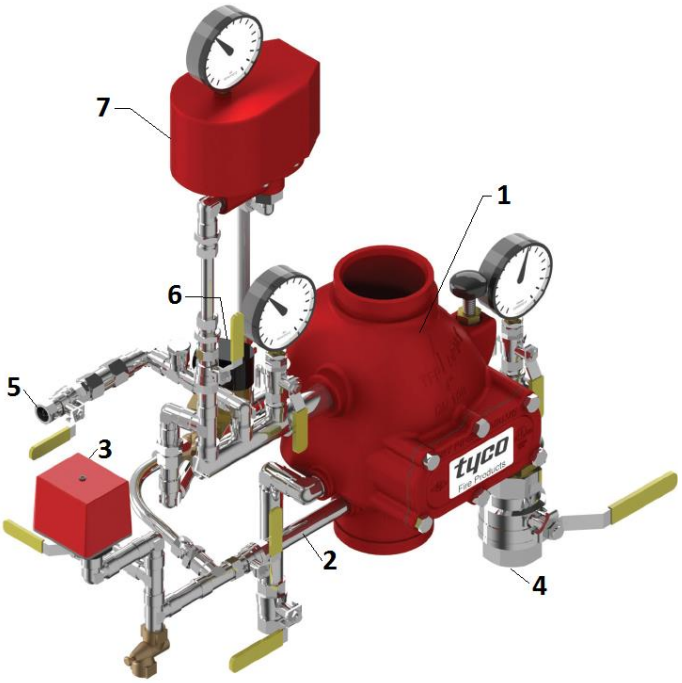
No entanto, caso aconteça um dano acidental num sprinkler ou num troço de tubagem seca, apenas é ativado o pré-alarme e não se abre a válvula de dilúvio por esta razão.

Um sistema de pré-ação do tipo B, é basicamente um sistema do tipo seco, onde a válvula de controlo é aberta, quer por ativação do sistema automático de deteção de incêndio, quer pela ativação de um sprinkler.

É instalado um dispositivo acelerador da abertura da válvula de controlo, para reduzir o tempo de descarga de água, quando a ativação se dá pela abertura de um sprinkler (como nos sistemas secos).

A vantagem deste sistema, relativamente a um sistema do tipo seco, reside na sua resposta ser muito mais rápida, quando a ativação acontece por via do sistema de deteção automática, permitindo um pré enchimento da tubagem seca, antes do disparo de qualquer um dos sprinklers.

Exemplifica-se na Figura 2.19, a constituição de um posto de controlo de um sistema de pré-ação do tipo B.



Legenda:

1. Válvula de retenção;
2. Circuito de alarme;
3. Pressostato de alarme;
4. Válvula de drenagem;
5. Circuito de ar comprimido/ gás inerte pressurizado;
6. Electroválvula solenóide (normalmente na posição fechada) para abrir válvula de retenção via ativação do SADI;
7. Acelerador de ar comprimido/ gás inerte pressurizado para abertura da válvula de retenção via disparo de sprinkler.

Figura 2.19 – Posto de controlo para sistemas de pré-ação tipo B. Adaptado de: [29].

Na eventualidade de um sprinkler disparar, antes da ativação do sistema automático de deteção, a abertura da válvula de retenção dá-se da mesma forma que nos sistemas do tipo seco (Figura 2.15).

Na situação mais expectável, a abertura da válvula de retenção dá-se por ativação do sistema automático de deteção, que ordena a abertura de uma electroválvula, que promove o enchimento da câmara intermédia da válvula de retenção, com ar comprimido ou gás inerte que, juntamente com a pressão da água da alimentação a montante, leva à abertura do prato de vedação, também, da mesma forma que nos sistemas do tipo seco.

Embora no presente trabalho, apenas se irá considerar a norma europeia [16], no que diz respeito aos sistemas de sprinklers, refere-se, contudo, que a norma americana NFPA 13 [22], considera os seguintes três tipos de sistemas de pré-ação:

- Sistema pré-ação duplamente interbloqueado;
- Sistema pré-ação simplesmente interbloqueado;
- Sistema pré-ação não interbloqueado.

Num sistema duplamente interbloqueado, a válvula de controlo abre passagem de água para a tubagem seca, com a ativação do sistema automático de deteção de incêndio e, com a abertura de um dos sprinklers (cumulativamente);

Num sistema simplesmente interbloqueado, a válvula de controlo abre passagem da água para a tubagem seca, apenas com a ativação do sistema automático de deteção de incêndio (portanto é um esquema de funcionamento semelhante ao de um sistema europeu de pré-ação do tipo A).

Num sistema não interbloqueado, a válvula de controlo abre passagem da água para a tubagem seca, quer com a ativação do sistema automático de deteção de incêndio, quer com a abertura de um dos sprinklers (portanto é um esquema de funcionamento semelhante ao de um sistema europeu de pré-ação do tipo B).

2.6.2.9 Sistemas tipo cortina água

O objetivo da utilização de cortinas de água, mais do que procurar extinguir um incêndio, é o de proteger um determinado elemento construtivo, de uma forma automática e permanente, como por exemplo, para proteger um vão envidraçado vertical com requisitos corta-fogo (Figura 2.20), ou, para proteger equipamentos industriais específicos, como sejam, as cabines de pintura.

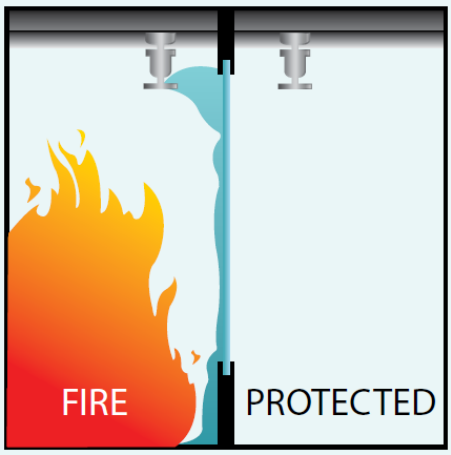


Figura 2.20 – Esquema da atuação de uma cortina de água sobre um envidraçado. Fonte: [30].

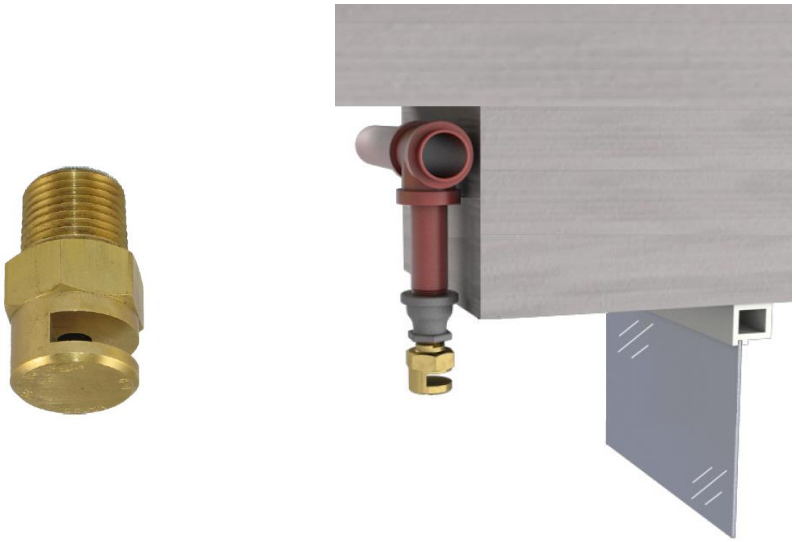
Geralmente, os sistemas de cortinas de água, são sistemas automáticos com funcionamento do tipo dilúvio, de forma a dar uma proteção imediata, em todas as superfícies do elemento construtivo ou do equipamento a proteger.

Quanto à realidade Portuguesa, atualmente, de acordo com a NT 18 [31], é exigido que os sistemas complementares de compartimentação, tipo cortinas de água, sejam do tipo dilúvio.

Contudo, existem sistemas de cortinas de água, com outros tipos funcionamento (húmido, seco, ou pré-ação), como por exemplo, o sistema composto por vidro cerâmico do fabricante FIREGLASS, complementado com *sprinklers* fechados de resposta rápida do fabricante TYCO, em que o vidro cerâmico, apresenta uma determinada resistência ao fogo, compatível com o tempo esperado para descarga de água sobre os vidros e, que se encontra aprovado para utilização nos EUA, em cidades como Nova Iorque ou Los Angeles [32].

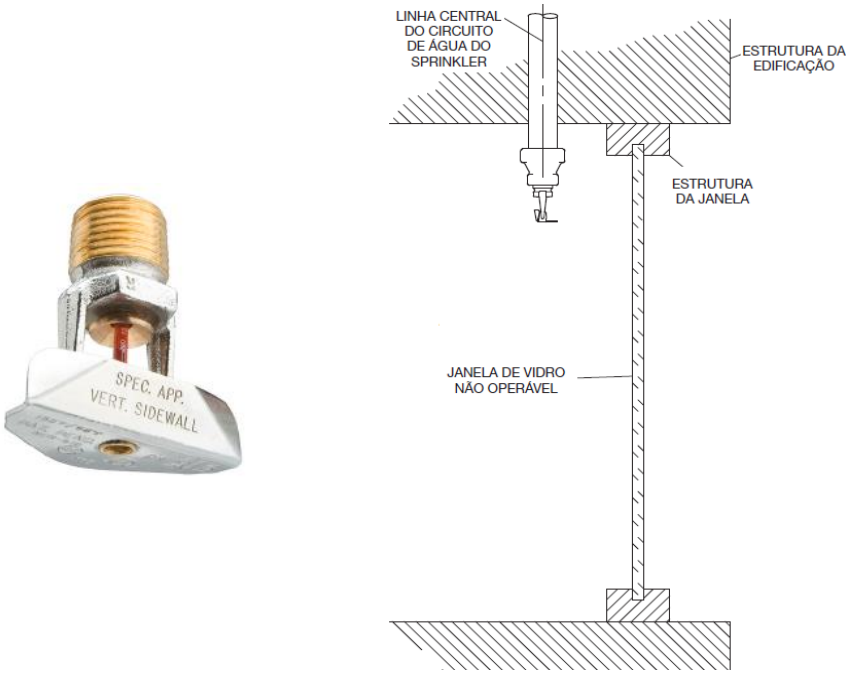
Quanto aos aspersores utilizados nos sistemas de cortina de água, estes são geralmente abertos e de projeção horizontal, no entanto, refere-se que é possível encontrar aspersores do tipo:

- Aberto, para os sistemas do tipo dilúvio (Figura 2.21);
- Fechado, com elementos de atuação térmica, para os restantes sistemas (Figura 2.22).



a) Aspersor aberto tipo dilúvio b) Instalação tipo dilúvio

Figura 2.21 – Aspersores para cortinas de água do tipo dilúvio. Adaptado de [33].



a) Aspersor fechado e de resposta rápida b) Instalação tipo “fechado”

Figura 2.22 – Aspersores para cortinas de água do tipo “fechado”. Adaptado de: [34].

Quanto à constituição e funcionamento dos sistemas de cortinas de água, aplica-se tudo o que já foi referido atrás, sobre a constituição e funcionamento dos sistemas automáticos de extinção de incêndios, dos vários tipos abordados, em particular, dos sistemas do tipo dilúvio.

2.6.3 SAEI POR GASES

2.6.3.1 Evolução dos sistemas de extinção automática por gases

Os sistemas de extinção com recurso a agentes gasosos desenvolveram-se em boa parte devido à necessidade de proteger veículos e equipamentos automóveis, aéreos e navais, de utilização civil ou militar, em particular, no desenvolvimento das 1.ª e 2.ª guerras mundiais [35] [36] [37].

Também, a necessidade de proteger equipamentos e instalações industriais críticas, bem como salas de centros de dados, que proliferaram com o advento da informática, vieram reforçar a utilização de meios de extinção "limpos", com resposta rápida e capazes de proteger os locais de risco sem provocar danos aos bens materiais ou a interrupção das atividades desenvolvidas nos edifícios.

O dióxido de carbono (CO_2) é o agente gasoso extintor utilizado há mais tempo em sistemas fixos de extinção de incêndio, surgindo as primeiras instalações nos anos 20 do século XX e, tendo sido aprovada a primeira norma Americana sobre este tema em 1920, a NFPA 12 [38].

No entanto, devido a este agente ser letal nas concentrações utilizadas em aplicações de inundação total, levou que houvesse uma generalização da utilização de gases halogenados, neste tipo de aplicações, a partir de 1980, em particular, do halon 1301.

Os gases inertes, como o Árgon, eram já utilizados nos porões dos navios Americanos no período pós 2.ª guerra mundial (1945 a 1970), tendo deixado de ser utilizados devido ao perigo de asfixia que originavam [39].

O halon 1301 foi assim, durante cerca de 50 anos, o agente extintor de eleição para sistemas fixos de extinção automática do tipo inundação total, oferecendo as seguintes vantagens:

- baixo custo;
- alta eficiência de extinção, extinguindo a maior parte dos incêndios, com concentrações de apenas 3,5% em volume;
- reduzida toxicidade a concentrações inferiores a 7% em volume, sendo, portanto, muito seguro para casos em que exista ocupação de pessoas;
- não deixa resíduos após descarga;
- não corrosivo;
- não condutor de corrente elétrica;
- não causa choque térmico durante a descarga (ao contrário do CO_2).

No entanto, veio a descobrir-se mais tarde que os halons, os clorofluorocarbonos (CFC's) e outros químicos industriais, quando libertados na atmosfera, provocam a destruição da camada de ozono, originando graves efeitos nocivos ao ambiente.

A utilização dos halons começou a ser restringida em 1987, aquando da adoção do protocolo de Montreal [40], sobre substâncias que destroem a camada de ozono, culminando na proibição do seu fabrico, na emenda do mesmo protocolo de Montreal em 1994 e, na obrigatoriedade da sua remoção na Comunidade Europeia a partir do ano 2000, após a entrada em vigor do Regulamento Europeu (CE) n.º 2037/2000 [41], relativo às substâncias que empobrecem a camada de ozono.

Desde então, verificou-se um impulso no desenvolvimento de soluções alternativas aos halons, procurando com estas oferecer as mesmas vantagens, permitindo a extinção rápida de incêndios de forma rápida e "limpa", não danificando as propriedades protegidas, nem o meio ambiente, entre as quais, as seguintes, indicadas nas diretivas da United Nations Environment Programme (UNEP) [42]:

- gases halocarbonados;
- gases inertes;
- água nebulizada;
- aerossóis.

2.6.3.2 Gases utilizados nos sistemas de extinção automática de incêndios em edifícios

Os gases extintores mais utilizados atualmente nos sistemas de extinção de incêndios por agentes gasosos, adiante designados por SAEIG, podem agrupar-se nos seguintes grupos:

- dióxido de carbono (CO_2);
- gases inertes "limpos";
- gases químicos "limpos".

A seleção do agente extintor gasoso a utilizar nos SAEIG depende das propriedades físicas, químicas e termodinâmicas de cada gás, sendo que alguns se adequam melhor a determinadas utilizações que outros, enquanto por outro lado, uns são mais seguros para a saúde dos ocupantes dos edifícios, ou, ainda, uns provocam maior impacto no ambiente que outros.

Assim, com o intuito de procurar compreender o comportamento, o modo de funcionamento, os impactos e as vantagens e desvantagens de cada agente extintor gasoso, achou-se necessário proceder à análise de cada um deles, nas seguintes sete dimensões:

- caraterísticas físicas, químicas e termodinâmicas mais relevantes para os SAEIG;
- efeitos nocivos para os seres humanos;
- efeitos nocivos para o meio ambiente;
- mecanismos de extinção;
- aplicabilidade;
- armazenamento e distribuição;
- descarga do agente extintor gasoso.

2.6.3.3 SAEIG utilizando dióxido de carbono

2.6.3.3.1 Caraterísticas genéricas do CO_2

O dióxido de carbono, designado quimicamente por CO_2, é um gás natural existente na atmosfera, com uma concentração na ordem de 0,03%, no entanto não é considerado como um agente limpo para utilização em sistemas de extinção, por provocar efeitos nocivos aos seres-humanos em concentrações maiores.

É um gás inodoro e incolor, vaporiza rapidamente e não deixa resíduos depois da descarga.

Analisando-se algumas propriedades termodinâmicas do dióxido de carbono, enumeradas no Quadro 2.13, destacam-se as seguintes considerações:

- o CO_2 encontra-se no estado gasoso às temperaturas ambiente normais dos compartimentos de edifícios, sendo facilmente liquidificável por compressão e arrefecimento e, aumentando a compressão, passa ao estado sólido, facto que leva a que o CO_2 seja também designado por neve carbónica;

- tendo em conta que o ponto crítico corresponde a um ponto cuja temperatura representa um limite superior para a ocorrência de fase líquida de uma determinada substância, tem-se que acima de 31,9ºC, o CO_2 encontra-se totalmente na fase gasosa;
- tendo em conta que o ponto triplo, corresponde ao ponto cuja pressão representa um limite inferior para que ocorra fase líquida de uma determinada substância, tem-se que abaixo da temperatura correspondente ao ponto crítico (-56,6ºC), o CO_2 pode encontrar-se apenas nas fases sólida ou gasosa, dependendo da temperatura e pressão;
- o CO_2 encontra-se com uma parte na fase gasosa e outra parte na fase líquida, a temperaturas entre o ponto crítico (31,9ºC) e o ponto triplo (-56,6ºC);
- o CO_2 pode encontrar-se em equilíbrio simultaneamente na fase gasosa, líquida, ou sólida, à temperatura correspondente ao ponto triplo (-56,6ºC) e à pressão de 5,2 bar.

Quadro 2.13 – Propriedades do CO_2. Adaptado de [43].

Fórmula química	**CO_2**
Peso molecular	44,0 g/mol
Densidade a 20ºC e a 1.013 bar (abs)	1,842 kg/m^3
Densidade relativa comparativamente ao ar	1,53
Ponto crítico	-31,9ºC
	7,38 kPa (abs)
Ponto triplo	-56,6ºC
	517,8 kPa (abs)
Pressão a -18ºC	2,07 Mpa (abs)
Pressão a +21ºC	5,86 Mpa (abs)
Ponto de ebulição a 1,013 bar (abs)	-78,5ºC

2.6.3.3.2 Efeitos nocivos do CO_2 para o meio ambiente

A avaliação do impacto ambiental dos agentes extintores gasosos, tem em conta os três parâmetros seguintes:

- ODP (ozone depletion potential) – Potencial de destruição da camada do ozono;
- GWP – Global warm potential – Potencial para o aquecimento global;
- ALT (atmosferic life time) – Tempo de permanência na atmosfera até se decompor.

O CO_2 é um gás natural existente na própria constituição do ar atmosférico, com uma concentração na ordem de 0,03%, não apresentando assim qualquer problema quanto ao seu tempo de vida na atmosfera (ALT).

Também por isso, têm um potencial de destruição da camada do ozono (ODP) nulo.

No entanto, apresenta um potencial positivo de aquecimento climático por efeito de estufa (GWP), tomando o valor unitário, uma vez que é o gás de referência para comparação deste parâmetro.

2.6.3.3.3 Efeitos nocivos do CO_2 para os seres humanos

O CO_2 é altamente tóxico para os seres humanos, sendo letal nas concentrações utilizadas para extinção de incêndios por inundação total.

Como referido por Wysocki [44], as concentrações de CO_2 exigidas pela norma NFPA 12 [38] em sistemas de inundação total, são sempre superiores a 34%, não sendo, portanto, possível a sua utilização em locais com presença humana (veja-se o Quadro 2.14).

Quadro 2.14 – Efeitos nos seres humanos expostos a uma determinada concentração de CO_2 em função do tempo de exposição [45].

% CO_2	**Tempo de exposição**	**Efeitos**
2	várias horas	dor de cabeça, dispneia com atividade física reduzida
3	1 hora	dispneia em repouso
4 - 5	vários minutos	aumento da tensão arterial, dispneia incómoda
6	1-2 minutos	visão e audição afetadas
	16 minutos	dor de cabeça, dispneia
	várias horas	tremores
7 - 10	poucos minutos	vertigens, aumento ritmo cardíaco
	menos de 1 hora	inconsciência
10 - 15	vários minutos	sonolência, espasmos
17 - 30	1 minuto	Convulsões, coma, morte

2.6.3.3.4 Mecanismos de extinção do CO_2

A capacidade extintora do dióxido de carbono deve-se ao efeito de abafamento, por redução do teor de oxigénio para um valor no qual a combustão não se consegue autossustentar. Apesar do dióxido de carbono ser descarregado a uma temperatura muito baixa (-78,5ºC), o seu efeito de arrefecimento é muito pequeno, uma vez que o coeficiente de transmissão térmica entre o CO_2 e as superfícies e chamas quentes ser muito reduzido.

Assim sendo, o tempo de permanência do dióxido de carbono em aplicações do tipo inundação total deve ser suficiente, de forma a fazer face a eventuais reacendimentos, pelo menos, até à chegada das equipas de socorro.

O tempo de permanência mínimo indicado na norma CEA 4007 [43], designado por tempo de sustentação, é de 10 minutos, devendo ser superior em incêndios de desenvolvimento lento e profundo.

2.6.3.3.5 Aplicabilidade do CO_2

Por ser um gás que, à temperatura ambiente, se espalha e penetra facilmente por todos os pontos de um compartimento e, por ser mais denso que o ar (1,53 vezes), é adequado para aplicações do tipo:

- inundação total;
- localizada;
- semifixa com mangueiras;
- móvel com extintores portáteis.

É um agente extintor inerte para a maior parte dos materiais, não causando danos, não corrosivo e não condutor de corrente elétrica, sendo por isso adequado para extinção de incêndios envolvendo a maior parte dos materiais combustíveis, sendo frequentemente utilizado em locais sem ocupação humana, onde existam:

- líquidos inflamáveis;
- gases combustíveis;
- combustíveis sólidos, como papel ou roupa, embora com menos frequência.

É desaconselhada a sua utilização quando se está na presença de materiais sólidos com potencial para desenvolverem incêndios do tipo lento e profundo, bem como, de metais reativos ou de materiais que contêm oxigénio na sua composição interior.

2.6.3.3.6 Armazenamento e distribuição do CO_2

O armazenamento do dióxido de carbono é feito no estado líquido, por compressão do gás, em regime de:

- alta pressão – sendo armazenado à temperatura ambiente, em garrafas de alta resistência, à pressão de 60 bar;
- baixa pressão – sendo armazenado à temperatura de -18ºC, em garrafas de maior capacidade, à pressão de 25 bar.

Sendo o dióxido de carbono armazenado no estado líquido, enquanto houver fase líquida, a pressão de vapor mantém-se, logo, a verificação da carga tem de ser feita por pesagem.

A rede de distribuição deve ser construída com tubagem metálica, resistente às diferenças de temperatura durante a descarga, a eventuais agressões externas e às pressões de funcionamento, nomeadamente, 60 bar para armazenamento de alta pressão e 25 bar, para armazenamento de baixa pressão.

2.6.3.3.7 Descarga do CO_2

A descarga, para as utilizações mais comuns, deve ser feita num tempo máximo de 60 s, por forma a que a pressão não baixe para valores abaixo do ponto crítico, o que provocaria a formação de neve carbónica na tubagem e eventuais obstruções.

Os difusores devem ser distribuídos em função da altura do compartimento e dos materiais e objetos existentes, com o limite de 30 m^2 de cobertura máxima permitida por difusor [43].

Nos sistemas de inundação total de CO_2, uma vez iniciada a descarga, esta não pode ser interrompida, logo a reposição do agente extintor tem de ser feita na totalidade.

Quanto às implicações da descarga dos agentes químicos na atmosfera dos compartimentos protegidos, importa destacar que a baixa temperatura atingida no instante da descarga dos CO_2 pode originar a condensação do vapor de água existente no ar do compartimento, que, juntamente com os produtos de

combustão gerados até esse instante, tornam a atmosfera esbranquiçada, reduzindo a visibilidade no seu interior.

Quanto às implicações da descarga de um sistema de inundação total de CO_2, nos elementos estruturais dos compartimentos, importa ter em conta os seguintes aspetos:

- no instante de descarga, a expansão do CO_2 comprimido após saída dos difusores, faz cair bruscamente a pressão do fluído, baixando a sua temperatura para valores na ordem de -78,5ºC, baixando por sua vez a temperatura ambiente do compartimento, comprimindo as partículas do ar existente e provocando um efeito de vácuo na atmosfera do compartimento;
- logo a seguir, a temperatura do compartimento volta a subir, devido à absorção da temperatura dos materiais quentes e dos gases de combustão, e a pressão do compartimento aumenta, devido à expansão do CO_2 descarregado no compartimento.

Deve ser assim considerado o efeito de choque térmico, bem como a instalação de aberturas de atenuação das sobrepressões provocadas na descarga do CO_2, com funcionamento nos dois sentidos.

2.6.3.4 SAEIG utilizando gases inertes "limpos"

2.6.3.4.1 Caraterísticas genéricas dos gases inertes

Os gases inertes são gases naturais, existentes na própria atmosfera, não combustíveis nem comburentes, sendo, portanto, adequados para a extinção de incêndios.

Os gases inertes utilizados na extinção de incêndios são, o Árgon, o Azoto ou misturas destes dois gases, às quais pode ser adicionada uma pequena porção de dióxido de carbono.

Os gases inertes usualmente comercializados, são os que se apresentam no Quadro 2.15, também referenciados na norma CEA 4008 [46].

Quadro 2.15 – Gases inertes. Adaptado de [46].

Gás inerte	Constituição	Designação comercial
IG 01	Árgon	Árgon
IG 541	52% Azoto	e.g.: INERGEN
	40% Árgon	
	8% Dióxido de carbono	
IG 100	Azoto	Azoto
IG 55	50% Árgon	e.g.: ARGONITE
	50% Azoto	

Analisando-se algumas propriedades dos gases inertes mais utilizados atualmente (Quadro 2.16), destacam-se as seguintes considerações:

- verifica-se que o Árgon é mais denso que o ar, as misturas de gases inertes têm densidades semelhantes à do ar e o Azoto é menos denso que o ar.
- assim, o Árgon terá mais propensão a estratificar na zona inferior dos compartimentos e, por outro lado, o Azoto será mais propenso a estratificar nas zonas superiores dos compartimentos,

enquanto as misturas terão uma melhor capacidade de se misturarem de forma homogénea nos compartimentos onde são descarregadas;

- a temperatura de ebulição dos gases inertes é muito baixa, aproximadamente -200ºC e, como são armazenados no estado gasoso, a temperaturas na ordem de 15ºC, não existe ocorrência de choque térmico na sua descarga.

Quadro 2.16 – Propriedades de alguns gases inertes. Adaptado de [46].

Propriedade	**Árgon**	**Azoto**	**IG55**	**IG541**
Massa molar	39,9 g/mol	28,0 g/mol	34,0 g/mol	34,0 g/mol
Densidade a 20ºC e a 1,013 bar (abs)	1,661 kg/m^3	1,165 kg/m^3	1,412 kg/m^3	1,435 kg/m^3
Densidade relativa comparativamente ao ar	1,38	0,97	1,17	1,19
Ponto de ebulição a 1,013 bar (abs)	-185,9ºC	-195,8ºC	-190,9ºC	-196,0ºC

2.6.3.4.2 Efeitos nocivos dos gases inertes para o meio ambiente

Os gases inertes limpos, para além de serem inertes com a generalidade das substâncias, são inertes para o ambiente, não originando produtos de decomposição mensuráveis.

Os gases inertes utilizados na extinção de incêndios estão presentes na própria constituição do ar atmosférico (Quadro 2.17), assim sendo, não apresentam qualquer problema quanto ao seu tempo de vida na atmosfera (ALT).

Quadro 2.17 – Constituição do ar que respiramos [47].

Gases existentes no ar	**% em volume**
Azoto (N_2)	78,10
Oxigénio (O_2)	20,90
Árgon (Ar)	0,93
Dióxido de carbono (CO_2)	0,03
Outros gases residuais	_

O seu impacto no ambiente é nulo, quer ao nível de potencial para destruição da camada de ozono, quer ao nível do potencial para o aquecimento global, com uma ligeira exceção do IG541, que contém uma pequena porção de CO_2 na mistura, resultando, contudo, num valor de GWP desprezável.

2.6.3.4.3 Efeitos nocivos dos gases inertes para os seres humanos

Quanto aos efeitos provocados nos seres humanos, os gases inertes são completamente não-tóxicos para os seres-humanos, havendo apenas o perigo de asfixia, se aplicados em concentrações altas (veja-se o Quadro 2.18).

Quadro 2.18 – Efeitos nos seres humanos expostos a baixas concentrações de oxigénio [47].

% O_2 em volume	**Efeitos e sintomas**	**Potencial de perigosidade para seres humanos**
20,9	Inalação normal de ar	_
> 19	Sem efeitos prejudiciais (ambientes mal ventilados)	_
19 - 17	Pequena redução na capacidade de desempenho físico e mental, dificilmente percetível	Inofensivo
15 - 17	Diminuição da capacidade física	Ligeiramente prejudicial
12 - 15	Diminuição da capacidade física, falta de ar, tonturas, cansaço	Prejudicial
10 - 12	Capacidade física decrescente, náuseas, impossibilidade de efetuar esforços, redução na capacidade de raciocínio	Perigoso
8 - 10	Diminuição acentuada da capacidade física, perigo de desmaio e inconsciência	Muito perigoso
< 6	Inconsciência imediata, morte num período de 6 - 8 minutos	Crítico

Nos sistemas de inundação total nas aplicações genéricas, os gases inertes descarregados nos compartimentos a proteger atingem concentrações na ordem de 40 %, o que corresponde a reduzir a percentagem normal de 21% de oxigénio, para valores na ordem de 12 % [48], constituindo assim, situações prejudiciais ou perigosas para locais com ocupação humana.

Estudos levados a cabo por organizações como a U.S Environmental Agency (EPA) determinaram dois valores de referência que permitem avaliar a segurança dos seres humanos, expostos a atmosferas hipóxicas, designadamente:

- NEL (no effect level) – Nível máximo de concentração de gás inerte para o qual não se verificam efeitos adversos para os seres humanos;
- LEL (low effect level) – Nível mínimo de concentração de gás inerte para o qual se verificam efeitos adversos para os seres humanos.

Os valores de referência das concentrações dos gases inertes utilizados nos sistemas de extinção de incêndios, nomeadamente, o IG-01, IG-100, IG-55 e IG541, são os seguintes:

- NEL = 43% (a que corresponde uma concentração mínima de 12% de oxigénio);
- LEL = 52% (a que corresponde uma concentração mínima de 10% de oxigénio).

Salienta-se que estes valores não têm em conta eventuais produtos de combustão do fogo, que podem tornar insustentável a ocupação de pessoas no compartimento.

Comparando estes valores de referência com as concentrações de projeto, indicadas nas partes 7 a 10 da NP EN 15004 ([49], [50], [51] e [52]) relativas a gases inertes, em sistemas de inundação total, pode-se determinar o grau de segurança na utilização dos gases inertes, conforme se indica no Quadro 2.19.

Quadro 2.19 – Concentrações e margem de segurança dos gases inertes. Adaptado de [49], [50], [51] e [52].

Gás inerte	Norma aplicável	Concentração mínima de projeto (%)			LEL (%)	Margem segurança p/ fogos classe A "superficial" * (%)
		Classe B	Classe A "superficial" *	Classe A "superior" *		
IG 01	NP EN 15004-7	51,7	41,9	49,2	52,0	24,1
IG 100	NP EN 15004-8	47,6	40,3	45,2	52,0	29,0
IG 55	NP EN 15004-9	47,6	40,3	45,2	52,0	29,0
IG 541	NP EN 15004-10	48,1	39,9	45,7	52,0	30,3

* Fogos da classe A "superior" são fogos suscetíveis de se desenvolverem no interior dos materiais combustíveis, ou seja, em profundidade, ao contrário dos fogos da classe A "superficial".

A exposição desnecessária de pessoas a sistemas de extinção de gases inertes que conduzam a atmosferas com concentrações baixas de oxigénio, deve ser evitada, pelo que a NP EN 15004-1 [53] preconiza a instalação de alarmes de pré-descarga e temporizações que previnam a exposição.

A NP EN 15004-1 [53] define ainda intervalos de tempo máximos de exposição, em caso de falha dessas garantias de prevenção à exposição a gases inertes, como se indica no Quadro 2.20.

Quadro 2.20 – Tempo máximo de exposição em locais protegidos com gases inertes. Adaptado de [53].

Concentração de gás inerte (em volume)	Concentração correspondente de O_2 (em volume)	Existência de pessoas no compartimento	Tempo de exposição máximo permitido
< 43%	> 12%	normalmente ocupado	5 min.
43% a 52%	12% a 10%	normalmente ocupado	3 min.
52% a 62%	10% a 8%	normalmente não ocupado	30 s
> 62%	< 8%	não permitida	0 s

2.6.3.4.4 Mecanismos de extinção dos gases inertes

A capacidade extintora dos gases inertes limpos deve-se principalmente ao efeito de abafamento, tal como acontece com o dióxido de carbono, descarregando o agente extintor na atmosfera do local a proteger, até reduzir o teor de oxigénio para um valor no qual a combustão não se consegue autossustentar.

Para além do abafamento, os gases inertes apresentam, secundariamente, alguma capacidade de arrefecimento, quer seja pela sua capacidade de absorção de calor, quer pelo efeito da sua vaporização.

O tempo de sustentação do gás inerte em aplicações do tipo inundação total, deve ser suficiente de forma a fazer face a eventuais reacendimentos, pelo menos, até a chegada das equipas de socorro, que de acordo com a norma NP EN 15004-1 [53], não deve ser inferior a 10 minutos para as situações mais genéricas.

2.6.3.4.5 Aplicabilidade dos gases inertes

Tendo em conta que as densidades dos gases inertes são muito semelhantes à densidade do ar, a sua aplicação em sistemas de aplicação local (não confinada) não é adequada, uma vez que o agente extintor descarregado se espalharia com muita facilidade nestas situações.

Assim, os gases inertes são adequados para utilização em:

- sistemas do tipo inundação total;
- sistemas de aplicação local em equipamentos fechados.

São agentes extintores inertes para a maior parte dos materiais, não causando danos, não corrosivos e não condutores de corrente elétrica e não tóxicos para os seres humanos, sendo por isso adequados para extinção de incêndios envolvendo a maior parte dos materiais combustíveis, sendo frequentemente utilizado em:

- locais com gases combustíveis ou líquidos inflamáveis;
- locais destinados a equipamentos elétricos e eletrónicos, sob tensão elétrica ou onde seja importante evitar danos decorrentes da própria extinção;
- locais onde seja necessário preservar o património existente e onde se verifique a permanência de pessoas.

É desaconselhada a sua utilização quando se está na presença de materiais sólidos com potencial para desenvolverem incêndios do tipo lento e profundo, bem como, de metais reativos ou de materiais que contêm oxigénio na sua composição interior.

2.6.3.4.6 Armazenamento e distribuição dos gases inertes

Os gases inertes são armazenados como gases altamente pressurizados, a pressões de 200 bar ou 300 bar.

Como são armazenados no estado gasoso, exigem maiores volumes de armazenamento que os agentes químicos e que o CO_2.

A rede de distribuição deve ser construída com tubagem metálica, resistente às diferenças entre a temperatura ambiente e a temperatura de um incêndio, a eventuais agressões externas e às pressões de funcionamento.

Geralmente fixa-se a pressão de funcionamento na ordem de 60 bar, sendo feita esta redução de pressão, imediatamente a jusante do coletor dos cilindros de armazenamento, ou então, na válvula de descarga de cada cilindro.

2.6.3.4.7 Descarga dos gases inertes

Sendo armazenados no estado gasoso, a descarga dos gases inertes pode levar mais tempo que a descarga de gases armazenados no estado líquido, tendo em conta também que não se verifica a decomposição dos gases inertes, no entanto, para garantir uma resposta suficientemente célere, de forma a evitar a propagação dos incêndios, a norma NP EN 15004-1 [53] prescreve que o tempo de descarga para os casos mais comuns não deve ser superior a 60 s.

Os difusores devem ser distribuídos em função da altura do compartimento e dos materiais e objetos existentes, com o limite de 30 m^2 de cobertura máxima permitida por difusor [46].

Nos sistemas de inundação total dos gases inertes, uma vez iniciada a descarga, esta não pode ser interrompida, logo a reposição do agente extintor tem de ser feita na totalidade.

Quanto às implicações da descarga de um sistema de inundação total de gás inerte, nos elementos estruturais dos compartimentos, importa ter em conta os seguintes aspetos:

- a elevada quantidade de gás descarregada num curto espaço de tempo num compartimento, pode causar uma sobrepressão considerável nesse compartimento, especialmente, se este for estanque, o que torna necessário instalar aberturas de alívio de pressão (veja-se a Figura 2.23);
- a descarga dos gases extintores é feita no estado gasoso, logo, não origina nenhum efeito de choque térmico, como acontece com os agentes extintores armazenados na fase líquida, uma vez que estes são armazenados no estado gasoso à temperatura de + 15ºC.

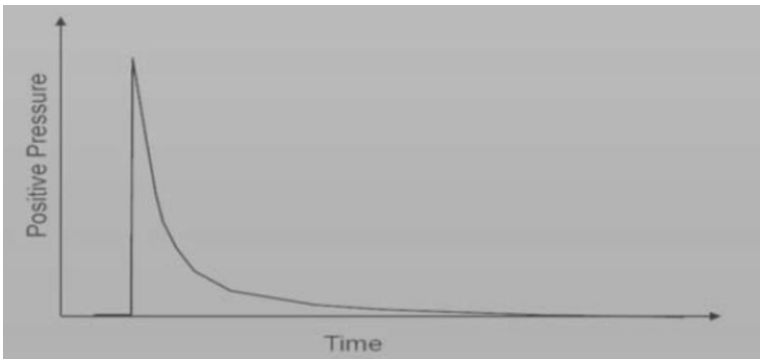


Figura 2.23 – Andamento da variação de pressão num compartimento após descarga de um SAEIG de inundação total com gás inerte [54].

2.6.3.5 SAEIG utilizando agentes químicos "limpos"

2.6.3.5.1 Caraterísticas genéricas dos agentes químicos

Os agentes químicos são obtidos artificialmente, resultantes de misturas de elementos químicos, como o carbono, hidrogénio, bromo, iodo, cloro e fluor.

Os agentes químicos utilizados para a extinção de incêndios, encontram-se em constante desenvolvimento, sendo que, atualmente, existem dois tipos de agentes distintos:

- gases halocarbonados;
- fluoroacetonas.

Os gases halogenados até então desenvolvidos, podem agrupar-se em cinco grupos:

- HFC – Hidrofluorocarbonetos;
- HBFC – Hidrobromofluorocarbonetos;
- HCFC – Hidroclorofluorocarbonetos;
- PFC – Perfluorocarbonetos;
- FIC – Fluoroiodocarbonetos.

Analisando-se algumas propriedades termodinâmicas dos agentes químicos mais utilizados atualmente, destacam-se as seguintes considerações:

- todos os agentes químicos são mais densos que o ar, sendo que o HFC 23 é o que possui uma densidade relativa menor, apresentando eventualmente uma melhor capacidade de se misturar de forma homogénea nos compartimentos onde é descarregado;
- os agentes halocarbonados HFC 23 e HFC 227ea, atingem temperaturas negativas ao passarem do estado líquido para o estado gasoso, respetivamente, -82,0ºC e -16,4ºC, provocando assim choque térmico no instante da descarga nos compartimentos, enquanto que a fluoroacetona FK-5-1-12 já não apresenta esse problema, uma vez que a sua temperatura de ebulição é de +49,2ºC.

Quadro 2.21 – Propriedades de alguns agentes químicos. Adaptado de [21].

Propriedade	**HFC 23 (FE 13)**	**HFC 227ea (FM 200)**	**FK-5-1-12 (NOVEC 1230)**
Massa molar	70,0 g/mol	170,0 g/mol	316,04 g/mol
Densidade do vapor sobreaquecido a 20ºC e a 1,013 bar (abs)	2,9334 kg/m^3	7,2780 kg/m^3	13,9082 kg/m^3
Densidade relativa comparativamente ao ar	2,44	6,04	11,55
Ponto de ebulição a 1,013 bar (abs)	-82,0ºC	-16,4ºC	+49,2ºC
Calor de vaporização no ponto de ebulição	240,0 kJ/kg	131,77 kJ/kg	88,0 kJ/kg

2.6.3.5.2 Efeitos nocivos dos gases químicos para o meio ambiente

Os agentes químicos, sendo substâncias sintéticas, exigem uma análise cuidada quanto ao seu impacto no meio ambiente.

Devido ao potencial dos gases halocarbonados para o aquecimento global, atualmente, a legislação europeia relativa aos gases fluorados com efeito de estufa, nomeadamente, o Regulamento (UE) n.º 517/2014 [55], apenas permite a utilização dos gases halogenados do grupo dos HFC, nos sistemas de climatização e de extinção de incêndios.

Por este motivo e, devido a questões comerciais, atualmente, apenas são utilizados para a extinção de incêndios, agentes químicos do grupo dos Hidrofluorocarbonetos e das Fluoroacetonas, nomeadamente, os agentes designados comercialmente por FM 200 e NOVEC 1230.

Apresentam-se no Quadro 2.22 os parâmetros ambientais de alguns agentes químicos limpos.

Quadro 2.22 – Impacto ambiental de alguns agentes químicos. Adaptado de [56].

Parâmetros ambientais	**Halon 1301***	**HFC- 227ea (FM 200)**	**HFC-125 (FE 25)**	**HFC-23 (FE 13)**	**FK-5-1-12 (NOVEC 1230)**
ODP	16	0	0	0	0
GWP	7140	3220	3500	14800	1
ALT (anos)	65	34,2	29	270	0,014

* O Halon 1301 apenas é referido para efeitos de comparação, uma vez que a sua utilização se encontra proibida por motivos ambientais, pelo protocolo de Montreal [40].

Refira-se que o agente químico NOVEC 1230 apresenta um impacto ambiental consideravelmente inferior aos restantes agentes químicos, facto que pesa consideravelmente na escolha, no entanto, apresenta a desvantagem de ser produzido apenas por um único fabricante ao nível mundial, nomeadamente, a empresa 3M, facto que pode eventualmente acarretar constrangimentos com custos de aquisição e manutenção dos SAEI com este agente extintor.

2.6.3.5.3 Efeitos nocivos dos gases químicos para os seres humanos

Quanto aos efeitos provocados nos seres humanos, os agentes químicos apresentam toxicidade para os seres-humanos, principalmente ao nível cardíaco.

Estudos levados a cabo por organizações como a U.S Environmental Protection Agency (EPA) determinaram dois valores de referência, que permitem avaliar a segurança dos seres humanos expostos a atmosferas hipóxicas, designadamente:

- NOAEL (no observed adverse effect level) – Nível máximo de concentração de gás químico para o qual não se verificam efeitos toxicológicos ou fisiológicos adversos para os seres humanos;
- LOAEL (lowest observable adverse effect level) – Nível mínimo de concentração de gás químico para o qual se verificam efeitos toxicológicos ou fisiológicos adversos para os seres humanos.

Estes valores de referência para efeitos dos sistemas de extinção de incêndios consideram essencialmente efeitos toxicológicos do foro cardíaco, determinados com recurso a ensaios reais realizados em cães e, depois, adaptados ao organismo dos seres humanos, com recurso a um modelo designado por modelo PBPK (phisiologically based pharmacokinetic), que relaciona a concentração de agente halocarbonado no sangue com os efeitos cardiotóxicos nos seres humanos, tomando os valores da concentração de agente halocarbonado no sangue medidos nos ensaios em cães.

Este método considera margens de segurança, sendo ainda realizados ensaios até concentrações letais, neste caso, em populações de ratos, onde se considera o valor da concentração de agente químico que causa a morte a 50% da população de ratos exposta ao agente durante 4 horas, designado por LC_{50} ou ALC.

Os valores de referência da toxicidade de alguns dos gases químicos utilizados nos sistemas de extinção de incêndios, indicam-se no Quadro 2.23.

Quadro 2.23 – Valores de toxicidade de alguns agentes químicos [53].

Agente	LC50 ou ALC (%)	NOAEL (%)	LOAEL (%)
FK-5-1-12 (NOVEC 1230)	> 10	10	> 10
HCFC-125 (FE 25)	> 70	7,5	10
HCFC-227ea (FM 200)	> 80	9	10,5
HFC-23 (FE 13)	> 65	50	> 50

Salienta-se que estes valores não têm em conta eventuais produtos de combustão do fogo, que podem tornar insustentável a ocupação de pessoas no compartimento.

Comparando estes valores de referência, com as concentrações de projeto dos gases químicos mais utilizados em sistemas de inundação total, nomeadamente, NOVEC 1230 e FM 200, indicadas na NP EN 15004-2 [57] e NP EN 15004-5 [58], respetivamente, pode-se determinar o grau de segurança na utilização dos gases inertes, conforme se indica no Quadro 2.24.

Quadro 2.24 – Concentrações de projeto e margem de segurança dos gases químicos.

Agente químico	**Norma aplicável**	**Concentração mínima de projeto (%)**			**LOAEL (%)**	**Margem segurança p/ fogos classe A "superficial" * (%)**
		Classe B	**Classe A "superficial" ***	**Classe A "superior" ***		
FK-5-1-12 (NOVEC 1230)	NP EN 15004-2	5,9	5,3	5,6	10,0	88,7
HFC 227ea (FM 200)	NP EN 15004-5	9,0	7,9	8,5	10,5	32,9

* Fogos da classe A "superior" são fogos suscetíveis de se desenvolverem no interior dos materiais combustíveis, ou seja, em profundidade, ao contrário dos fogos da classe A "superficial".

Verifica-se assim que os gases químicos oferecem uma considerável margem de segurança nos sistemas de inundação total, fator importante, especialmente quando os compartimentos a proteger, são suscetíveis de sofrerem variação do volume de ar ao longo do seu tempo de vida, como acontece por exemplo, quando o mobiliário e os materiais armazenados variam ao longo do tempo.

Pode dizer-se que os agentes químicos constituem assim, soluções mais seguras para utilização em locais com ocupação humana e com estas particularidades.

A exposição desnecessária de pessoas a gases químicos dos sistemas de extinção de incêndios mesmo em concentrações na ordem do NOAEL, deve ser evitada, bem como aos seus produtos de decomposição, pelo que a NP EN 15004-1 [53] preconiza a instalação de alarmes de pré-descarga e temporizações.

A NP EN 15004-1 [53] define ainda intervalos de tempo máximos de exposição, em caso de falha dessas garantias de prevenção à exposição a gases químicos, como se indica no Quadro 2.25.

Quadro 2.25 – Tempo máximo de exposição de seres humanos em locais protegidos com gases químicos.

Concentração de gás inerte (em volume)	**Existência de pessoas no compartimento**	**Tempo de exposição máxima permitido**
< NOAEL	normalmente ocupado	5 min.
> NOAEL ≤ LOAEL	normalmente ocupado (existindo dados do modelo PBK para o agente extintor)	5 min. até 0,49 min., consoante quadros G.2 ou G.3 da NP EN 15004-1 [53]
> LOAEL	normalmente não ocupado (existindo dados do modelo PBK para o agente extintor)	Tempo de exposição consoante quadros G.2 ou G.3 da NP EN 15004-1 [53]
≤ LOAEL	normalmente não ocupado (inexistindo dados do modelo PBK para o agente extintor)	> 30 s < 1 min
> LOAEL	normalmente não ocupado (inexistindo dados do modelo PBK para o agente extintor)	Apenas permitida se tempo p/ evacuação < 30 s

2.6.3.5.4 Mecanismos de extinção dos gases químicos

O mecanismo principal de extinção dos agentes químicos dá-se por arrefecimento, uma vez que a capacidade calorífica da atmosfera do compartimento protegido após a descarga do agente extintor, torna-se muito superior à capacidade calorífica do ar e, de uma forma física, a atmosfera absorve o calor da combustão e das superfícies quentes, baixando a temperatura na zona da combustão até esta não ter energia para se auto-sustentar.

Para além do arrefecimento, verifica-se um mecanismo secundário de extinção, no caso dos gases halocarbonados, que apresentam propriedades de inibição da combustão.

O tempo de sustentação dos gases químicos em aplicações do tipo inundação total, deve ser suficiente para fazer face a eventuais reacendimentos, pelo menos, até a chegada das equipas de socorro, que de acordo com a NP EN 15004-1 [53], não deve ser inferior a 10 minutos para as situações mais genéricas.

2.6.3.5.5 Aplicabilidade dos gases químicos

Uma vez que o mecanismo principal de extinção dos agentes químicos é o arrefecimento, devido à absorção de energia calorífica da mistura criada pelo ar do compartimento com o gás químico, a sua utilização em locais onde o ar não esteja confinado, ou, onde este possa ser facilmente renovado, exigirá maiores concentrações. Assim, os agentes químicos são adequados para utilização em:

- sistemas do tipo inundação total;
- sistemas de aplicação local em equipamentos fechados.

São agentes extintores inertes para a maior parte dos materiais, não causando danos, não corrosivos e não condutores de corrente elétrica e não tóxicos para os seres humanos, sendo por isso adequados para extinção de incêndios envolvendo a maior parte dos materiais combustíveis, sendo frequentemente utilizado em:

- locais com presença de líquidos ou gases combustíveis;
- locais com presença de equipamentos elétricos e eletrónicos, sob tensão elétrica ou onde seja importante evitar danos decorrentes da própria extinção;
- locais onde seja necessário preservar o património existente e onde se verifique a permanência de pessoas;
- locais com presença de materiais sólidos com potencial para desenvolverem incêndios do tipo lento e profundo.

É desaconselhada a utilização de agentes químicos na extinção de incêndios envolvendo metais reativos, do tipo alcalino e alcalino terroso, como o sódio ou o brómio, por serem suscetíveis de reagirem violentamente com estes.

2.6.3.5.6 Armazenamento e distribuição dos gases químicos

De todos os gases alternativos ao halon, os químicos são os mais eficientes (vejam-se as concentrações de extinção) e, para além disso, podem ser armazenados na fase líquida (gases comprimidos até à fase líquida), resultando assim em volumes de armazenamento menores que o CO_2 e que os gases inertes.

Os agentes químicos são armazenados no estado líquido, a pressões na ordem de 25 bar ou 42 bar.

A propulsão dos agentes químicos é feita através do auxílio de um gás inerte, geralmente, o azoto.

A rede de distribuição deve ser construída com tubagem metálica, resistente às diferenças entre a temperatura ambiente e a temperatura de um incêndio, a eventuais agressões externas e às pressões de funcionamento, nomeadamente, 25bar ou 42 bar.

A norma CEA 4045 [21] preconiza que as redes de distribuição de gases químicos devem ser executadas com tubagem de ferro sem costuras.

2.6.3.5.7 Descarga dos gases químicos

Sendo os agentes químicos armazenados no estado líquido, a descarga deve ser feita num tempo máximo de 10 s, por forma a garantir uma mistura eficaz do gás propulsor com o agente químico em estado líquido e, também, para evitar a formação os produtos de decomposição dos agentes químicos na tubagem.

Os difusores devem ser distribuídos em função da altura do compartimento e dos materiais e objetos existentes, com o limite de 30 m^2 de cobertura máxima permitida por difusor [21].

Nos sistemas de inundação total de agentes químicos, uma vez iniciada a descarga, esta não pode ser interrompida, logo a reposição do agente extintor tem de ser feita na totalidade.

Quanto às implicações da descarga dos agentes químicos na atmosfera dos compartimentos protegidos importa destacar os seguintes aspetos:

- a baixa temperatura atingida no instante da descarga dos agentes químicos, pode originar a condensação do vapor de água existente no ar do compartimento, que, juntamente com os produtos de combustão gerados até esse instante, tornam a atmosfera esbranquiçada, reduzindo a visibilidade no seu interior;
- durante a extinção de um incêndio, os agentes químicos liquefeitos, como os halocarbonados, sofrem decomposição química, quando submetidos às altas temperaturas de um incêndio, de que resultam produtos que podem ser perigosos, em particular, o flúor que se decompõe em ácido fluorídrico, cujo odor, acre e penetrante, cria um ambiente irritante e nauseante para aqueles que entrarem posteriormente nos locais onde ocorreu um incêndio.

Quanto às implicações da descarga de um sistema de inundação total de agentes químicos, nos elementos estruturais dos compartimentos, importa ter em conta os seguintes aspetos:

- no instante da descarga dos agentes halocarbonados, estes sofrem uma expansão após saída nos difusores, fazendo cair bruscamente a pressão do fluído, baixando a sua temperatura para valores na ordem de -82,0ºC, no caso do HFC 23 e de -16,4ºC, no caso do HFC 227ea, baixando consequentemente, a temperatura ambiente do compartimento, comprimindo as partículas do ar existente e provocando um efeito de vácuo na atmosfera do compartimento;
- logo a seguir, a temperatura do compartimento volta a subir, devido à absorção da temperatura dos materiais quentes e dos gases de combustão, e a pressão do compartimento aumenta, devido à expansão do agente químico descarregado no compartimento.

Em compartimentos protegidos com gases químicos, deve ser assim considerado o efeito de choque térmico e a instalação de aberturas de alívio das sobrepressões provocadas na descarga do agente químico com funcionamento nos dois sentidos (Figura 2.24), com exceção do agente químico FK-5-1-12, onde não ocorre choque térmico, uma vez que a sua temperatura de ebulição é positiva, no valor de +49,2ºC.

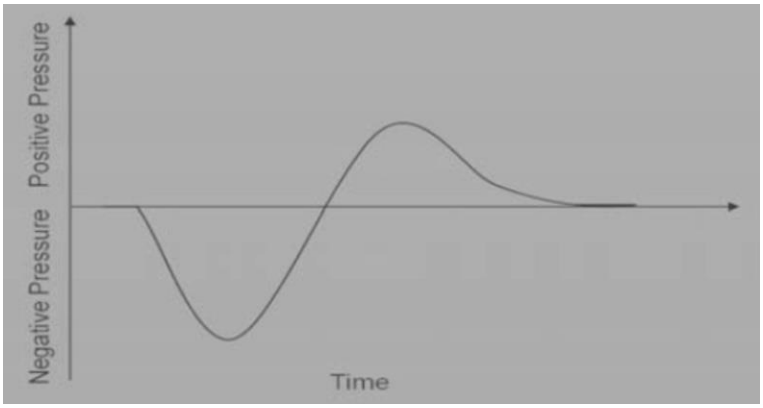


Figura 2.24 – Andamento da variação de pressão num compartimento após descarga de um SAEIG de inundação total com agente halocarbonado [54].

2.6.3.6 Constituição dos sistemas de extinção automática de incêndios por gases

Os sistemas automáticos de extinção de incêndios por gases podem ser do tipo:

- inundação total, para proteção de compartimentos e respetivos bens nele contidos (Figura 2.25);
- aplicação local, para proteção de um determinado equipamento não confinado (Figura 2.26);
- aplicação localizada, para proteção de um determinado equipamento confinado (Figura 2.27).



Figura 2.25 – SAEIG de inundação total num compartimento[59].



Figura 2.26 – SAEIG de aplicação local num equipamento não confinado [60].



a) Esquema de funcionamento [61]

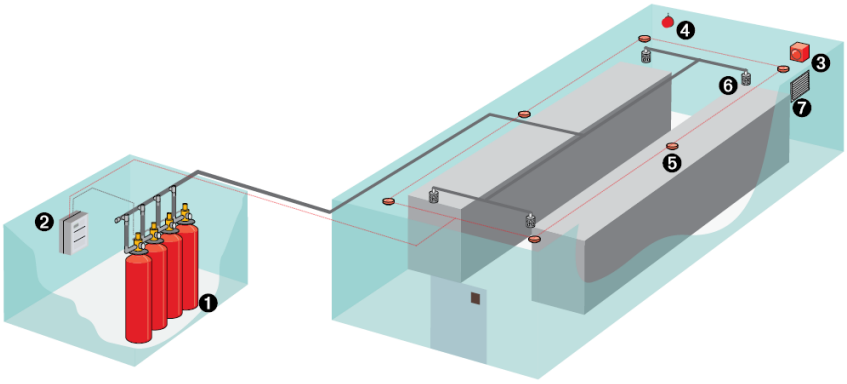


b) Aplicação na proteção de quadro elétrico [62]

Figura 2.27 – SAEIG de aplicação localizada num equipamento confinado em armário próprio.

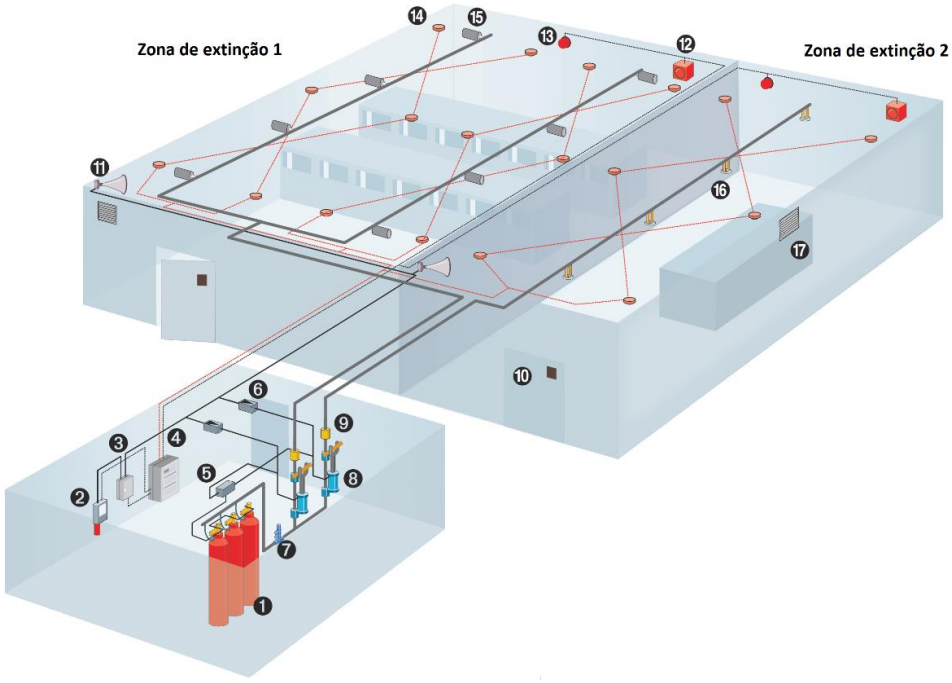
Quanto à cobertura num determinado edifício, os SAEIG de inundação total podem classificar-se em:

- sistemas individuais ou modulares, protegendo um único compartimento (Figura 2.28);
- sistemas centralizados ou múltipla-zona, protegendo vários compartimentos (Figura 2.29).



1. Cilindros armazenamento gás extintor;
2. Central de deteção, controlo e atuação;
3. Sirene elétrica;
4. Avisador luminoso;
5. Detetor de incêndio;
6. Bocal de descarga;
7. Grelha de alívio de pressão.

Figura 2.28 – Esquema de SAEIG de inundação total tipo individual ou modular [63].



1. Cilindros armazenamento gás extintor;
2. Dispositivo de atuação pneumática;
3. Dispositivo de retardo;
4. Central de deteção, controlo e atuação;
5. Válvula comutadora;
6. Dispositivo de corte;
7. Válvula de segurança;
8. Válvula seletora;
9. Redutor de pressão;
10. Dispositivo elétrico de fecho de porta;
11. Sirene pneumática;
12. Sirene elétrica;
13. Avisador luminoso;
14. Detetor de incêndio;
15. Bocal de descarga com silenciador;
16. Bocal de descarga sem silenciador;
17. Grelha de alívio de pressão.

Figura 2.29 – Esquema de SAEIG de inundação total tipo múltipla-zona ou coletivo [63].

Quanto à sua configuração, pode dizer-se que os SAEIG, independentemente da natureza do gás utilizado, são essencialmente constituídos por:

- reservatórios de armazenagem;
- rede de distribuição;
- difusores de descarga;
- sistema de deteção, atuação e controlo;
- sistema de alívio de pressão e ventilação.

Os reservatórios de armazenagem, geralmente consistem em cilindros metálicos, em número adequado aos riscos a proteger. No entanto, existe também a solução de instalar um reservatório de maiores dimensões, utilizada geralmente em sistemas centralizados de grandes dimensões.

Nos sistemas centralizados, quando os compartimentos têm volumes diferentes, a diferenciação da quantidade de agente extintor para cada compartimento, faz-se com recurso a válvulas seletoras (Figura 2.30).



1. Cilindros armazenamento agente extintor ligados a um coletor;
2. Válvula seletora de 2 zonas independentes;
3. Controladores pneumáticos atuados pela central de controlo eletrónica;
4. Central de controlo eletrónica;
5. Comutador pneumático para mudar para o cilindro de reserva antes da descarga da totalidade dos cilindros;
6. Tubagem para as zonas protegidas.

Figura 2.30 – Esquema de montagem de reservatórios de armazenagem de um SAEIG de inundação total tipo múltipla-zona ou centralizado [64].

A rede de distribuição deve ser resistente às pressões de funcionamento dos sistemas, bem como a agressões externas e às diferenças entre eventuais temperaturas baixas do agente extintor armazenado e as eventuais temperaturas atingidas num incêndio.

Assim as redes são construídas geralmente com tubos metálicos sem costura, da série média ou forte, sendo exigido em alguns casos, por questões relacionadas com corrosão interna, que os tubos tenham

proteção por galvanização ou, para diâmetros mais pequenos, que esses sejam mesmo de material mais resistente à corrosão, como por exemplo o aço inox.

Os difusores de descarga, dos quais de apresentam alguns exemplos na Figura 2.31, devem ser escolhidos em função dos riscos a proteger e da cobertura pretendida, devendo esta escolha ser apoiada em documentos de ensaio e recomendações do fabricante.



a) Bocal tipo aspersor a) Bocal de projeção 360o a) Bocal com silenciador

Figura 2.31 – Bocais de descarga de SAEIG [63].

O sistema de deteção, atuação e controlo é um sistema de extrema importância para a eficácia de um SAEIG. Se a sua sensibilidade for reduzida, o tempo de atuação do sistema de extinção pode ser demasiado, permitindo danos indesejáveis nos bens protegidos, por outro lado, se a sua sensibilidade for demasiadamente elevada, pode originar ativações acidentais, que no caso destes SAEIG, resultam em elevados custos para os proprietários.

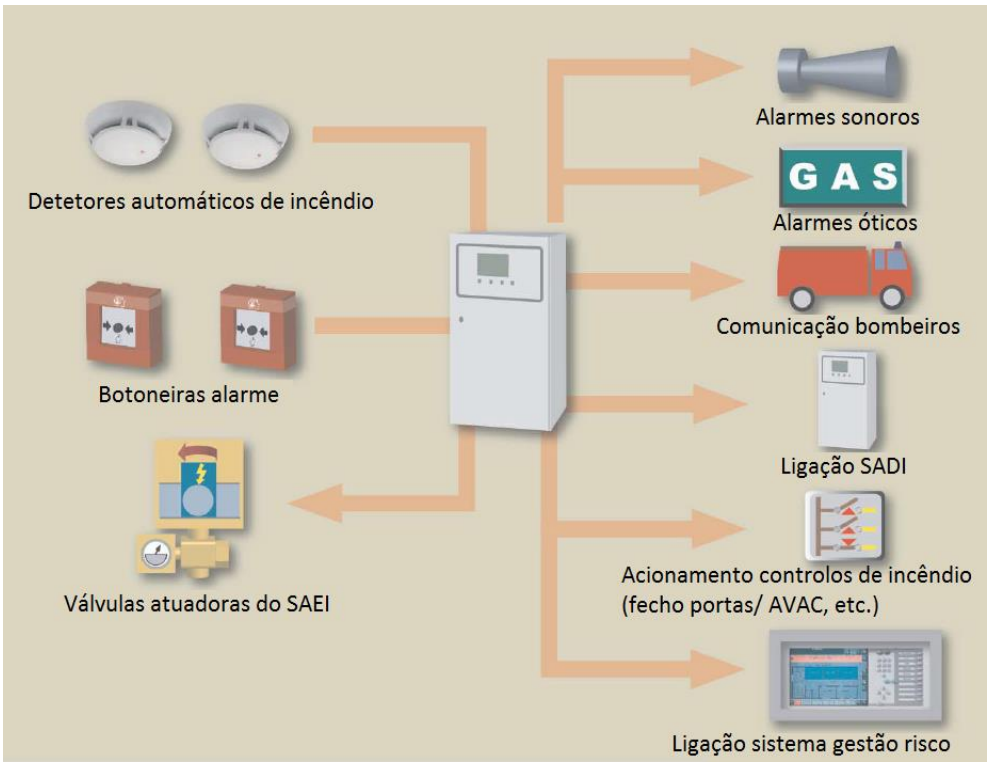


Figura 2.32 – Interações num sistema de deteção, controlo e atuação de SAEIG. Adaptado de [65].

Assim, é aconselhável nestes sistemas implementar um sistema de deteção cruzada de duas linhas de deteção independentes. A deteção de um eventual fogo pelos detetores da "linha 1" permite ativar os alarmes, colocando o sistema preparado, mas não ativando a descarga. A deteção desse eventual fogo pelos detetores da linha 2", confirma a existência de fogo e ativa então a descarga. Neste esquema de deteção, devem ser utilizados detetores de diferentes naturezas em cada linha de deteção, por exemplo, num compartimento onde existe papel, armazenado de forma a que possa ocorrer um incêndio de desenvolvimento lento e profundo, podem ser instalados detetores de CO na linha 1, de atuação mais rápida e, detetores de fumos na linha 2, para confirmação final.

O sistema de alívio de pressão é também fundamental em SAEIG de inundação total, principalmente, quando se utiliza como agente extintor o CO_2 ou gases inertes, podendo por em causa a integridade estrutural dos elementos mais frágeis.

Este efeito é tanto mais notado, quanto mais estanque for o compartimento protegido pelo SAEIG.

Os sistemas de alívio de pressão, consistem em aberturas de admissão ou extração de ar, que abrem acima de determinados valores de pressão ou sução, conforme o exemplo que se apresenta na Figura 2.33.

Como atrás foi referido, nos SAEIG com utilização de CO_2 ou de agentes químicos liquefeitos, as aberturas de alívio de pressão devem funcionar nos dois sentidos, de forma a aliviar as subpressões e as sobrepressões geradas nos compartimentos.



Figura 2.33 – Grelha de alívio de pressão em SAEIG [66].

Os sistemas automáticos de extinção de incêndios por gases, podem ainda ser complementados com sistemas manuais, com aplicação do tipo:

- semifixa com mangueiras em carretel;
- móvel com extintores portáteis.

Nestes sistemas manuais, importa referir que as concentrações atingidas na proximidade dos bocais de aplicação de agente extintor, podem ser muito elevadas e prejudiciais para as pessoas que estejam na proximidade dessa zona, implicando riscos de toxicidade ou asfixia, principalmente, se o espaço não for ventilado, devendo ser tidos em conta estes aspetos antes da utilização, designadamente, preconizando a utilização de equipamentos de proteção individual adequados, ou, a utilização agentes extintores de outra natureza, com menores riscos para a saúde das pessoas envolvidas.

2.6.4 SAEI POR ÁGUA NEBULIZADA

2.6.4.1 Surgimento dos SAEI por água nebulizada

Os sistemas de extinção automática por água nebulizada podem ser considerados como uma evolução dos sistemas de água pulverizada por sprinklers, na tentativa de serem utilizadas menores quantidades de água na extinção de incêndios através de SAEI.

De acordo com Manhinney [67], o interesse nestes sistemas de extinção teve um aumento considerável a partir de 1990, que se deveu essencialmente a duas forças impulsionadoras:

- O primeiro impulso surgiu aquando da imposição da obrigação de instalação de sistemas de sprinklers em navios de transporte de passageiros, por parte das autoridades marítimas internacionais, facto que motivou a procura de sistemas que consumissem menores volumes de água.

A segunda força impulsionadora foi a necessidade de encontrar alternativas aos sistemas que utilizavam agentes extintores com potencial de destruição da camada de ozono, como sejam os halons, utilizados até então para proteção de incêndio em salas de líquidos combustíveis, salas de equipamentos eletrónicos, salas de máquinas e outros equipamentos sensíveis à água.

2.6.4.2 Aplicabilidade dos SAEI por água nebulizada

As áreas principais de aplicação dos sistemas automáticos de extinção por água nebulizada são:

- Proteção de máquinas e equipamentos, envolvendo fogos de líquidos combustíveis derramados ou pulverizados, como alternativa ao uso do halon ou do CO_2 (Figura 2.34);
- Compartimentos técnicos de turbinas, envolvendo também fogos de combustíveis derramados ou pulverizados, com objetivo de substituir o halon ou CO_2 e de evitar o choque térmico nas pás das turbinas;
- Compartimentos de equipamento elétrico, salas de computadores, telecomunicações, etc., envolvendo fogos da classe A, com presença de equipamentos sob tensão elétrica, a fim de evitar a danificação dos mesmos durante a extinção;
- Acomodações para pessoas em embarcações marítimas, envolvendo fogos da classe A, com o objetivo de preservar vidas humanas e controlar o desenvolvimento e a propagação dos incêndios a outros compartimentos e onde o espaço para reservatórios de água é muito condicionado;
- Cabines de passageiros em aviões, para proteção de vidas humanas, com utilização de produtos compatíveis com a presença de pessoas e onde o espaço para reservatórios de água é também muito condicionado;
- Túneis, onde a sua extensão pode dificultar a instalação de sistemas de extinção e onde o alcance conseguido com a expansão da água nebulizada pode ser uma vantagem;
- Hotéis, edifícios históricos, arquivos e galerias, com objetivo principal de preservar vidas humanas nos hotéis e de preservar os bens patrimoniais nos outros edifícios, arrefecendo os gases quentes junto aos tetos e humedecendo os materiais da classe A, junto ao pavimento, de forma a evitar o *flashover*.



Figura 2.34 – Proteção de um reservatório de propano com SAEI por água nebulizada. Fonte: [68].

Os SAEI por água pulverizada não devem ser utilizados sobre substâncias que reajam violentamente com a água, nomeadamente, metais reativos e gases combustíveis liquidificados.

2.6.4.3 Níveis de extinção a atingir

Os sistemas de extinção automática por água nebulizada nem sempre têm a função de extinguir os incêndios (veja-se a Figura 2.35). Estes sistemas foram pensados para atuarem de forma integrada com os meios de extinção manual disponíveis em cada situação. Por exemplo, num edifício muito próximo de um quartel de bombeiros, o sistema automático poderá ter apenas uma função de controlo do incêndio, até à chegada dos bombeiros, assumindo neste caso que a extinção apenas será finalizada numa segunda intervenção. Com esta filosofia, os sistemas são concebidos para atuar nas fases mais precoces de um incêndio, como seria de esperar de um sistema automático, mas a extinção é deixada para os meios de 2.ª intervenção.

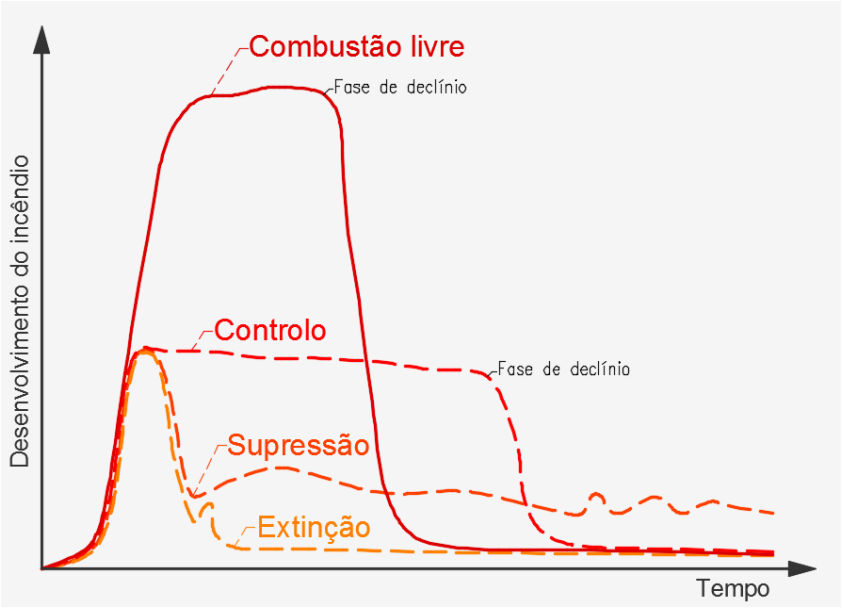


Figura 2.35 – Níveis de proteção na extinção de incêndios. Adaptado de [69].

Assim, os níveis de extinção pretendidos para os sistemas de água nebulizada variam consoante os riscos, podendo categorizar-se conforme preconizado na NFPA 750 [70] ou na Pr EN 14972 [71], nos seguintes:

- Extinção do incêndio;
- Supressão do incêndio;
- Controlo do incêndio.

Na extinção de um incêndio pretende-se a supressão completa do fogo, até deixar de existir qualquer material em combustão (Figura 2.36).

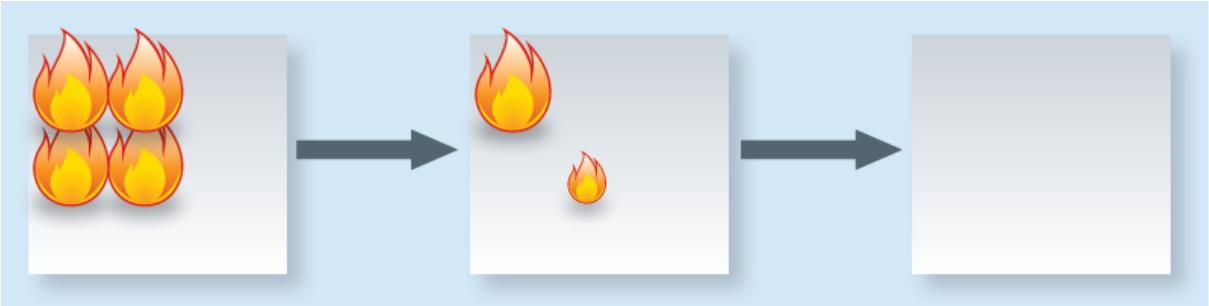


Figura 2.36 – Proteção ao nível da extinção do incêndio. Adaptado de: [72].

Na supressão de um incêndio pretende-se promover uma redução acentuada do calor libertado por um incêndio e a prevenção do seu reacendimento (Figura 2.37).

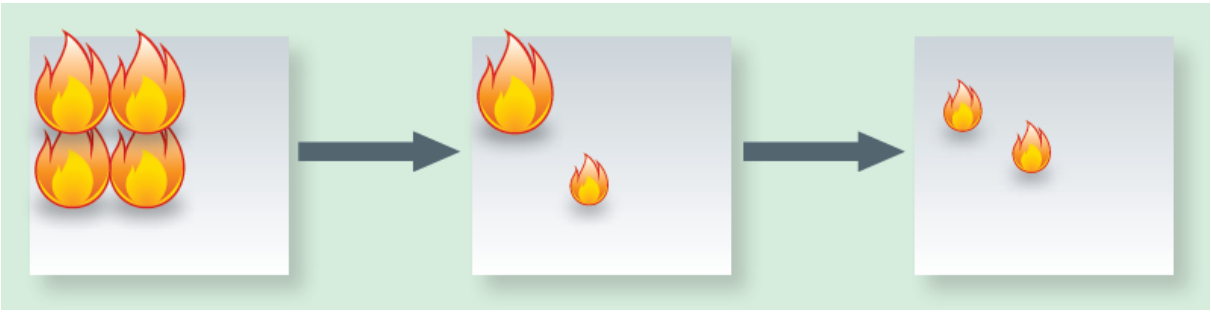


Figura 2.37 – Proteção ao nível da supressão do incêndio. Adaptado de: [72].

No controlo de um incêndio pretende-se limitar o seu alastramento, distribuindo água nebulizada de forma a diminuir a taxa de libertação de calor, a pré-humedecer os materiais combustíveis adjacentes e a controlar a temperatura dos gases junto ao teto de forma a evita danos estruturais (Figura 2.38).

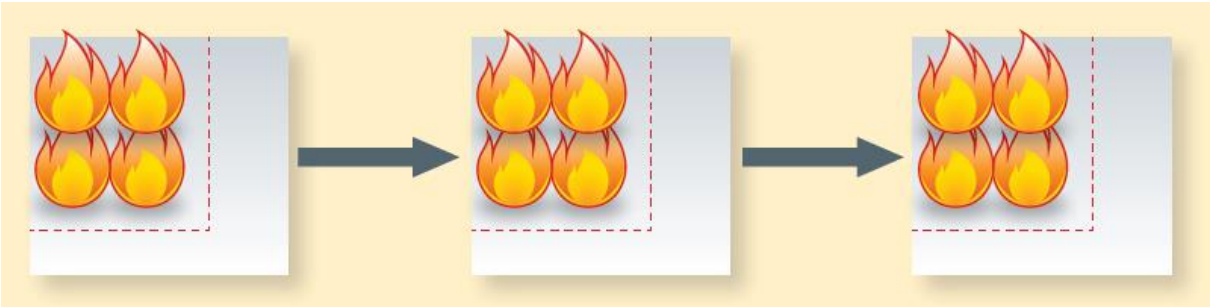


Figura 2.38 – Proteção ao nível do controlo do incêndio. Adaptado de: [72].

2.6.4.4 Mecanismos de extinção em SAEI por água nebulizada

Os mecanismos de extinção verificados na utilização de água nebulizada como agente extintor, são fundamentalmente três, nomeadamente:

- Arrefecimento;
- Abafamento ou inertização da atmosfera;
- Atenuação do calor radiado.

O arrefecimento é conseguido essencialmente no processo de mudança de fase, aquando da evaporação da água, que é tanto maior, quanto maior a superfície de contacto das moléculas da água com a temperatura (Figura 2.39).

O abafamento ou inertização da atmosfera envolvente da combustão, consiste num fenómeno que ocorre na zona de descarga da água nebulizada sobre as chamas, onde a vaporização das gotículas de água leva a que as partículas de água expandam cerca de 1650 vezes o seu volume, substituindo o oxigénio da zona das chamas por vapor de água, que é um elemento inerte e não serve de comburente, inibindo assim a alimentação da combustão (Figura 2.40).

A atenuação do calor radiado verifica-se devido a uma certa opacidade ótica caraterística da água nebulizada, que acaba por funcionar como uma barreira à radiação de energia, protegendo as superfícies dessa radiação, impedindo que atinjam a temperatura de ignição e que entrem no processo de combustão.



Figura 2.39 – Influência da dimensão das partículas de água na superfície de vaporização. Adaptado de [73].

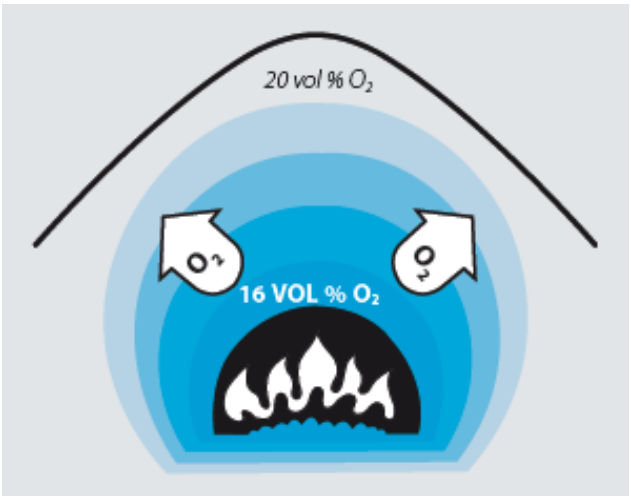


Figura 2.40 – Efeito de abafamento junto às chamas nos sistemas tipo water mist [74].

2.6.4.5 Segurança na utilização de água nebulizada para os ocupantes

A utilização de água nebulizada em SAEI pode apresentar alguns aspetos desfavoráveis à segurança dos ocupantes dos edifícios, nomeadamente as seguintes:

- Redução da visibilidade;
- Redução do teor de oxigénio;
- Condutividade elétrica.

A água nebulizada descarregada pode ser mais ou menos densa ao nível ótico, podendo dificultar a evacuação em locais normalmente ocupados. Também deve ser tido em conta o efeito de destratificação da camada de fumos que pode provocar, uma vez que tem a capacidade de "arrastar os fumos". Talvez por isso a Pr EN 14972 [71] preconiza um atraso de 30 s na descarga de um SAEI por água nebulizada após a sua ativação.

Os SAEI que utilizem dois fluídos (água nebulizada e gases inertes), não devem originar atmosferas com concentrações de oxigénio inferiores aos limites de segurança para os ocupantes (devendo atender aos valores limites das normas relativas a gases inertes já abordadas atrás).

A condutividade elétrica da água nebulizada é reduzida, contudo a água acumulada no chão e nas superfícies é condutiva. Também deve ser tido em conta que a água desmineralizada se torna rapidamente condutiva, devido ao facto de ser mais suscetível a ficar poluída pelos produtos de combustão, bem como certos aditivos da água eventualmente utilizados. Assim é recomendável a proceder-se ao corte da energia elétrica previamente à descarga dos SAEI por água nebulizada.

2.6.4.6 Estanqueidade dos compartimentos durante a descarga

Apesar dos SAEI serem muito menos sensíveis aos movimentos aeráulicos que os SAEI por gases, são o seu desempenho pode ficar comprometido com movimentos de ar inesperados, por isso, deve ser considerada a estanqueidade real dos compartimentos na avaliação de desempenho dos sistemas.

2.6.4.7 Constituição de SAEI por água nebulizada

SAEI de água nebulizada podem ser de vários tipos, à semelhança dos sistemas tipo sprinkler, nomeadamente os seguintes:

- Húmido;
- Seco;
- Dilúvio;
- Pré-ação.

Quanto ao tipo de cobertura destes sistemas, tomando como base a NFPA 750 [70], podemos classificar os sistemas de água nebulizada em:

- Sistemas de aplicação total em compartimentos;
- Sistemas de aplicação local de um equipamento ou objeto;
- Sistemas de aplicação por zonas, onde são utilizadas válvulas seletoras, que dividem a área a proteger em zonas de descarga, em correspondência com um sistema de deteção automática.

Nesse sentido os bocais de descarga podem classificar-se em:

- Bocais automáticos, que possuem dispositivo térmico de atuação automática (Figura 2.41.a);
- Bocais não automáticos, que estão permanentemente na posição aberta (Figura 2.41.b);
- Bocais híbridos, que possuem dispositivo térmico, mas, por meio de um sinal externo, podem abrir.



a) Bocal automático, equipado com bolbo de vidro b) bocal não automático, permanentemente aberto

Figura 2.41 – Tipos de aspersores de água nebulizada. Fonte: [74].

Os constituintes principais de um sistema de extinção automática por água nebulizada, apresentam-se na Figura 2.42, nomeadamente os seguintes:

- Fonte de fornecimento de água;
- Dispositivo de pressurização de água;
- Rede de tubagem;
- Válvulas;
- Bocais de descarga;
- Sistema de deteção, atuação, controlo e alarme.

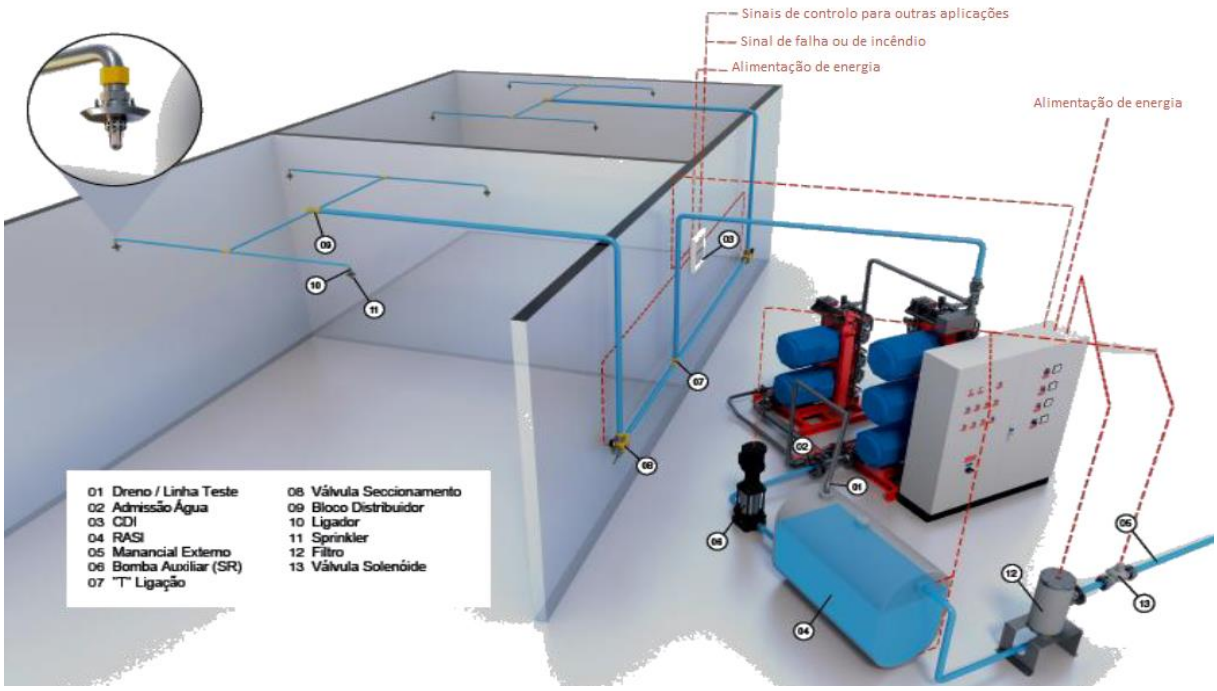


Figura 2.42 – Constituição típica de um SAEI por água nebulizada. Adaptado de: [75].

Os métodos para gerar água nebulizada são vários e encontram-se em constante desenvolvimento, variando com a utilização de sistemas de baixa, média ou alta pressão, combinada com a utilização de diferentes métodos de pulverização.

Manhinney [67] considera adequados todos os métodos que permitam dividir a água em gotículas inferiores a 1000 μm, ou seja, inferiores a 1 mm e que a pulverizem água com caudal e velocidade adequados para cenários de incêndios desenvolvidos à escala real.

Quanto à pressão utilizada no sistema, a NFPA 750 [70] estabelece três categorias:

- Sistemas de baixa pressão, onde a pressão de funcionamento não ultrapassa 175 psi (123,12 mca);
- Sistemas de média pressão, onde a pressão de funcionamento é inferior 500 psi (351,77 mca);
- Sistemas de alta pressão, onde a pressão de funcionamento é igual ou superior a 500 psi.

Os bocais mais comuns, para descarga da água nebulizada, podem categorizar-se em:

- Impingement nozzles - Que funcionam pelo princípio de projeção de um jato de água sólido contra um defletor, que reparte o jato sólido em pequenas gotículas de água. Estes bocais trabalham em regime de baixa pressão, onde os orifícios possuem diâmetros na ordem de 1mm a 3mm, sendo, portanto, menos suscetíveis a entupimentos. O fabrico destes bocais exige menor precisão e são por isso mais económicos;
- Impinging jets – Que funcionam pelo princípio de colisão entre dois jatos de água, antes destes passarem pelo orifício de saída dos bocais, provocando a sua desintegração em gotículas. Estes bocais trabalham em regime de médias pressões e o seu bom funcionamento exige que a execução dos bocais e seus orifícios seja feita com muita precisão, o que leva a que estes sejam mais dispendiosos.
- Jet pressure nozzles – Que funcionam pelo princípio de fazer passar um jato de água a alta velocidade por um pequeno orifício, que leva à desintegração do jato em pequenas gotículas, após passar pelo orifício. Estes bocais trabalham em regimes de baixas, médias ou altas pressões. A reduzida dimensão dos orifícios, leva à necessidade de instalar filtros no interior dos bocais e a ter cuidados adicionais de manutenção.
- Twin fluid nozzles – Também conhecidos por air atomizing nozzles, que funcionam pelo princípio de mistura de um gás comprimido (ar comprimido, nitrogénio, etc.) no fluxo de água, levando ao seu corte em finas partículas. Estes bocais trabalham em regime de médias pressões. Procura-se nestes casos que a relação "gás para líquido" seja a menor possível, tendo em conta os custos mais elevados do gás comprimido (Figura 2.43).

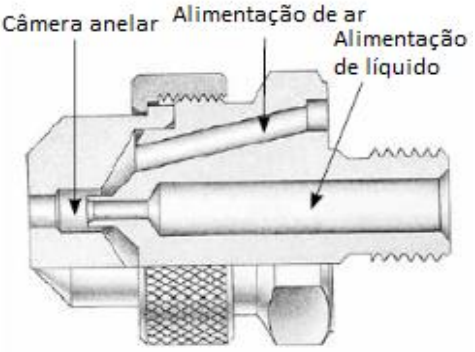


Figura 2.43 – Esquema de bocal tipo twin fluid nozzle. Fonte: [68].

Quanto à dimensão das gotículas de água nebulizada, contabilizadas a 1m de distância do bocal, considerando 90% das gotas de água ($Dv_{0.90}$), a NFPA 750 [70] estabelece três categorias:

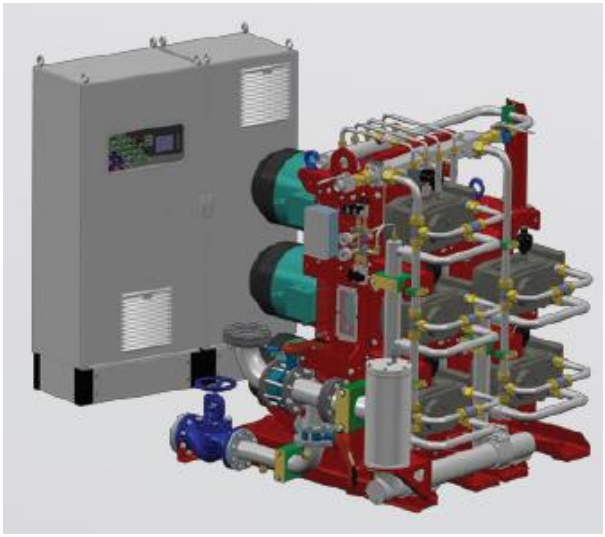
- Classe 1 - $Dv_{0.90} < 200$ μm;
- Classe 2 - 200 μm < $Dv_{0.90}$ < 400 μm;
- Classe 3 - $Dv_{0.90} > 400$ μm.

Os meios utilizados para pressurização da água, variam consoante se pretenda baixa, média ou alta pressão nos sistemas, podendo ser do tipo:

- Centrais de bombas centrífugas, para sistemas de baixa pressão;
- Centrais de cilindros com gás pressurizado, para sistemas de alta pressão (Figura 2.44.a);
- Centrais de bombas de deslocamento positivo, utilizadas para sistemas de média e alta pressão (Figura 2.44.b).



a) Central de cilindros a gás pressurizado



b) Central de eletrobombas de pistão

Figura 2.44 – Tipos de centrais de pressurização. Fonte: [76].

Os sistemas de água nebulizada cujos bocais de descarga possuem orifícios com diâmetros da ordem dos microns, são bastante sensíveis a questões de entupimentos, por isso devem haver cuidados adicionais na rede de transporte de água, tais como:

- Utilização de filtros ou outros meios de tratamento da água utilizada nestes sistemas, nomeadamente, relativos a calcário e a micro-organismos que possam levar à criação e algas etc.;
- Utilização de tubagens com resistência adequada à corrosão interna, para além de deverem possuir resistência a altas pressões, sendo por isso normal utilizar-se o aço inoxidável ou o cobre;
- Utilização de bombas com peças interiores em materiais resistentes à corrosão, como o aço inoxidável;
- Adoção de medidas manutenção da qualidade da água armazenada, com vista a evitar o crescimento de micro-organismos ou algas.

Refere-se por fim que os sistemas automáticos de extinção de incêndios por água nebulizada, podem ser complementados com sistemas manuais da mesma natureza, como sejam meios semifixos do tipo mangueiras em carretel ou meios móveis do tipo extintores portáteis.

2.6.4.8 Classes de risco em sistemas por água nebulizada

A Pr EN 14972 [71] considera a mesma classificação de riscos preconizada na EN 12845 [16] para os sprinklers, ou seja, as classes de risco LH (risco ligeiro), OH (risco ordinário) ou HH (risco elevado).

A NFPA 750 [70] também classifica os riscos a proteger pelos SAEI por água nebulizada em classes de risco LH (risco ligeiro), OH (risco ordinário) ou HH (risco elevado), de acordo co critérios próprios.

2.6.5 SAEI POR OUTROS AGENTES EXTINTORES

Os agentes extintores aplicáveis aos SAEI, encontram-se em constante desenvolvimento, na procura de resposta a novos riscos, surgidos no decorrer de novas atividades industriais, ou na procura de resposta a soluções com menor impacto ambiental.

Deixa-se assim uma breve referência às tecnologias desenvolvidas mais recentemente e aos agentes extintores utilizados para fins mais industriais mais específicos, nomeadamente:

- Espumas;
- Aerossóis;
- Ar hipóxico.

Os SAEI com utilização de espumas são frequentemente destinados a utilizações do tipo industrial, onde se faça o armazenamento de combustíveis líquidos inflamáveis, uma vez que a densidade das espumas, geralmente menor que a densidade dos líquidos combustíveis, permite que se forme uma camada de separação, que isola a atmosfera (comburente) dos líquidos inflamáveis (combustível), provocando assim um efeito de abafamento. Para além disso, como as espumas contêm água, provocam ainda um efeito secundário de arrefecimento.

Os SAEI com utilização de aerossóis surgiram aquando da procura de alternativas limpas ao halon, sendo como uma espécie de evolução dos SAEI com utilização de pós químicos, em que a reduzida dimensão das partículas dos aerossóis levam a que os produtos de decomposição sejam muito menores, quando comparados com os pós químicos, permitindo que se faça uma extinção mais limpa e com menos danos nos bens existentes nos locais de risco.

Os SAEI com a tecnologia do ar hipóxico baseiam-se numa filosofia de funcionamento muito intuitiva, pois a lógica do seu mecanismo de extinção está em manter a atmosfera de um determinado local a proteger, permanentemente num estado de hipoxia, ou seja, com uma concentração de oxigénio abaixo de um valor onde a combustão não possa ocorrer e se autossustentar. Esta filosofia atende de forma perfeita a um dos grandes objetivos procurados na extinção de incêndios, quando se pensa no tetraedro do fogo, uma vez que possibilita, a carência do comburente, em todo o tempo em que o SAEI estiver em funcionamento. No entanto, para que isso seja possível, o SAEI tem de produzir permanentemente ar hipóxico, com recurso geralmente a compressores especiais de tratamento de ar, tendo de compensar todas as fugas de ar normais de um compartimento, implicando assim consideráveis custos de funcionamento.

2.7 ENQUADRAMENTO REGULAMENTAR DOS SAEI

2.7.1 RISCO DE INCÊNDIO PELO RJ-SCIE

No que diz respeito a requisitos regulamentares aplicáveis aos SAEI e, antes de passar à aplicação prática do caso de estudo, importa enquadrar o risco de incêndio dos edifícios, de acordo com a legislação nacional em vigor, designadamente, o regulamento jurídico de segurança contra incêndios, adiante denominado por RJ-SCIE [1], vertido na lei, através do Decreto-Lei 224/2015 de 09 de Outubro[77].

O RJ-SCIE [1] classifica o risco de incêndio dos edifícios em quatro categorias:

- 1ª categoria de risco – Corresponde a um risco de incêndio baixo;
- 2ª categoria de risco – Corresponde a um risco de incêndio médio;
- 3ª categoria de risco – Corresponde a um risco de incêndio alto;
- 4ª categoria de risco – Corresponde a um risco de incêndio muito alto.

A categoria de risco é função de vários aspetos próprios de cada edifício em causa, nomeadamente:

- Utilização-tipo – Adiante denominada por UT e que consiste na utilização dada a cada edifício, segundo os tipos de utilizações previstas no RJ-SCIE [1];
- Altura do edifício – Distância entre o nível do plano de referência do edifício (nível de estacionamento dos veículos de socorro, donde se lançam as operações dos bombeiros) e o nível do último piso suscetível de ocupação (não considerando os últimos pisos destinados a serviços técnicos ou espaços em duplex);
- Número de pisos abaixo do plano de referência;
- Efetivo – Valor que corresponde ao número máximo estimado de pessoas que podem ocupar um determinado local ou compartimento do edifício. Em locais destinados a dormidas ou a cuidados de saúde, é ainda necessário estimar o efetivo de público.
- Área bruta do edifício – Superfície total de um dado piso ou fração, delimitada pelo perímetro exterior das paredes exteriores e pelo eixo das paredes interiores de separação dessa fração, relativamente às restantes;
- Densidade de carga de incêndio modificada – Valor normalizado que traduz a energia calorífica suscetível de ser libertada pela combustão completa da totalidade da matéria existente num determinado espaço ou compartimentos (incluindo os revestimentos desses compartimentos), determinada de acordo com o Despacho n.º 2074/2009 de 15 de Janeiro [5].

Quanto às atividades exercidas nos edifícios, o RJ-SCIE [1] enquadra-as nas seguintes utilizações-tipo:

- Utilização-tipo I – Edifícios habitacionais;
- Utilização-tipo II – Edifícios de estacionamento;
- Utilização-tipo III – Edifícios administrativos;
- Utilização-tipo IV – Edifícios escolares;
- Utilização-tipo V – Edifícios hospitalares e lares de idosos;
- Utilização-tipo VI – Edifícios de espetáculos e de reuniões públicas;
- Utilização-tipo VII – Edifícios hoteleiros e de restauração;
- Utilização-tipo VIII – Edifícios comerciais e gares de transporte;
- Utilização-tipo IX – Edifícios desportivos e de lazer;
- Utilização-tipo X – Edifícios destinados a museus e galerias de arte;
- Utilização-tipo XI – Edifícios destinados a bibliotecas e arquivos;
- Utilização-tipo XII – Edifícios industriais, oficinas e armazéns.

As categorias de risco são obtidas, de acordo com a utilização-tipo, a partir das tabelas do anexo III do RJ-SCIE [1], tendo em conta depois, alguns pressupostos adicionais, quando existe mais do que uma UT no mesmo edifício, que em regra geral, resulta na situação mais gravosa.

Para além da classificação do risco do edifício na sua globalidade, o RJ-SCIE [1] categoriza também o risco ao nível de cada espaço ou compartimento, da seguinte forma:

- Locais de risco A;
- Locais de risco B;
- Locais de risco C e locais de risco C agravado;
- Locais de risco D;
- Locais de risco E;
- Locais de risco F.

Um local de risco A é um local que não apresenta riscos especiais e onde sejam simultaneamente verificadas as seguintes condições:

- Efetivo máximo de 100 pessoas;
- Efetivo de público máximo de 50 pessoas;
- Percentagem máxima de 10% de ocupantes com a mobilidade limitada ou com capacidade de perceção e reação a um alarme limitada;
- Atividades exercidas e produtos, materiais e equipamentos contidos nestes locais não impliquem riscos agravados de incêndio.

Um local de risco B é um local acessível ao público ou ao pessoal afeto a um estabelecimento, com um efetivo superior a 100 pessoas ou com um efetivo de público superior a 50 pessoas e onde sejam simultaneamente verificadas as seguintes condições:

- Percentagem máxima de 10% de ocupantes com a mobilidade limitada ou com capacidade de perceção e reação a um alarme limitada;
- Atividades exercidas e produtos, materiais e equipamentos contidos nestes locais não impliquem riscos agravados de incêndio.

Um local de risco C é um local com riscos particulares agravados de eclosão e desenvolvimento de incêndio, por qualquer um dos seguintes motivos:

- Tipo de atividades exercidas;
- Caraterísticas dos produtos, materiais ou equipamentos existentes, designadamente, à carga de incêndio modificada, à potência útil e à quantidade de líquidos inflamáveis;
- Volume dos compartimentos.

Um local de risco C agravado é um local de risco C que, adicionalmente possui, pelo menos, uma das seguintes especificidades:

- Volume superior a 600 m^3;
- Carga de incêndio modificada superior a 20.000 MJ (sendo a carga de incêndio modificada calculada de acordo com o já referido Despacho n.º 2074/2009 de 15 de Janeiro [5]);
- Equipamentos elétricos ou eletromecânicos com potência total instalada superior a 250 kW;
- Equipamentos elétricos ou eletromecânicos com potência total instalada superior a 70 kW;
- Seja um local destinado a pintura ou aplicação de vernizes em oficinas, ou, destinado a produção, depósito, armazenagem ou manipulação de líquidos inflamáveis, em quantidades superiores a 100 L.

Um local de risco D é um local de um determinado estabelecimento destinado a receber:

- Pessoas acamadas;
- Crianças com idade inferior a 6 anos;
- Pessoas com mobilidade limitada ou com capacidade de perceção e reação a um alarme limitada.

Um local de risco E é um local de um determinado estabelecimento destinado a dormidas, em que as pessoas não apresentem as limitações referentes a locais de risco D;

Um local de risco F é um local de um determinado edifício que possui meios e sistemas essenciais à continuidade de atividades sociais relevantes, nomeadamente, os centros nevrálgicos de comunicação, comando e controlo.

2.7.2 ENQUADRAMENTO REGULAMENTAR DA UTILIZAÇÃO DE SAEI

O RT-SCIE [78] impõe, no seu artigo 173, a instalação e utilização de sistemas fixos de extinção automática de incêndios por água nos seguintes casos:

- Edifícios onde se pretendam obter áreas de compartimentação corta-fogo, até ao dobro, das áreas máximas de compartimentação corta-fogo, permitidas pelo RT-SCIE [78];
- Edifícios com utilização-tipo II, da 2ª categoria de risco ou superior e com dois ou mais pisos abaixo do plano de referência;
- Edifícios com utilização-tipo III, VI, VII e VIII, da 3ª categoria de risco ou superior, com as exceções previstas para as utilizações-tipo VIII (gares de transporte), no título VIII do RT-SCIE [78], nomeadamente, a interdição da existência de meios de primeira intervenção que utilizem água, em plataformas de embarque de veículos ferroviários com tração elétrica.
- Edifícios com utilização-tipo XII, da 2ª categoria de risco ou superior;
- Nos locais adjacentes a pátios interiores cuja altura seja superior a 20 m;
- Nos locais considerados de difícil acesso e elevada carga de incêndio.
- Para além destas disposições, devem ser tidas em conta as condições específicas exigidas no título VIII do RT-SCIE [78] para cada utilização-tipo.

O RT-SCIE [78] permite ainda que sejam utilizados sistemas fixos de extinção automática de incêndios por água, como medida compensatória, nos seguintes casos:

- Postos de transformação, que utilizem líquidos inflamáveis como dielétrico e que tenham sido instalados em edifícios existentes em zonas não regulamentares à luz do RT-SCIE [78];
- Aberturas em paredes ou pavimentos resistentes ao fogo, como por exemplo, nos casos em que passem meios de transporte móveis através dessas aberturas;
- Locais de fabrico, armazenagem ou manipulação de produtos (que não sejam reagentes com a água de forma perigosa);
- Depósitos de líquidos ou gases inflamáveis;
- Equipamentos industriais;
- Todos os locais existentes que não possam cumprir integralmente as medidas passivas de segurança estipuladas no RT-SCIE [78].

O RT-SCIE [78] preconiza no seu artigo 175, a utilização de SAEI por agente extintor eventualmente diferente de água em:

- Situações em que se justifique a utilização de agentes extintores diferentes da água, em função da classe de fogo e do risco envolvido;

- Cozinhas cuja potência total instalada nos aparelhos de confeção de alimentos seja superior a 70 kW.

2.7.3 GRAU DE PRONTIDÃO DOS MEIOS DE SOCORRO

Os meios humanos e técnicos disponíveis, a distância de cada edifício à corporação de bombeiros mais próxima, bem como, as acessibilidades locais de cada edifício, poderão dificultar mais ou menos, a resposta dos meios de socorro.

Importa assim ter também em conta, a eventual necessidade de reforçar os meios de extinção a instalar nos edifícios, de acordo com a capacidade de resposta das forças de socorro.

O RT-SCIE [78] estabelece no seu artigo 13, que os meios de combate a incêndio a serem instalados em edifícios novos, classificados como tendo risco de incêndio alto ou muito alto, ou seja, da 3ª ou da 4ª categoria de risco, ficam sujeitos à análise do grau de prontidão do socorro do corpo de bombeiros local.

A quantificação do grau de prontidão adequado a cada edifício, está definida na NT 8 [9], que foi vertida na lei, através do Despacho n.º 12037/2013 de 19 de setembro [9].

A NT 8 [9] define as medidas de segurança contra incêndio, a serem alvo de agravamento, em caso de ser impossível dispor do grau de prontidão necessário para um determinado edifício, classificado como tendo risco de incêndio alto ou muito alto.

O grau de prontidão adequado a edifícios a construir da 3ª e 4ª categoria de risco, é avaliado através da:

- Distância e tempo máximo a percorrer pelos meios de socorro;
- Existência de determinados meios técnicos e humanos.

A distância e o tempo máximo a percorrer pelos meios de socorro (percorridos às velocidades permitidas pelo código da estrada), são os seguintes:

- Distância máxima de 10 Km e tempo de percurso máximo de 10 min, se o socorro for feito por um único corpo de bombeiros;
- Distância máxima de 15 Km e tempo de percurso máximo de 15 min, para as unidades complementares para os meios de 1ª intervenção, nomeadamente, VTTU (veículo tanque tático urbano) e VE (veículo escada), ou PE (plataforma elevatória), se o socorro for feito em triangulação, de até três corporações de bombeiros.

Os meios técnicos a mobilizar prontamente, bem como os meios humanos, em prontidão durante as 24 horas do dia, para operacionalizar os meios técnicos, são os que se indicam no Quadro 2.26.

Quadro 2.26 – Meios mínimos disponíveis nos corpos de bombeiros para resposta a 1º alarme [9].

Tipo de veículo de socorro	Guarnições mínimas por veículo	Veículos	
		< 10 min	< 15 min
VUCI (veículo urbano de combate a incêndios)	5	1	0
VE (veículo escada) ou PE (plataforma elevatória)	2	0	1
VTTU (veículo tanque tático urbano)	2	0	1
ABSC (ambulância de socorro)	2	1	0

VCOT (veículo de comando tático)	2	0	1

No caso de o local do edifício a construir não dispor da totalidade das condições atrás descritas, que garantam o grau de prontidão adequado ao seu risco, devem ser aplicadas medidas compensatórias de proteção contra incêndios.

A NT 8 [9] apresenta um conjunto de medidas compensatórias, em função de cada utilização-tipo dos edifícios (Quadro 2.27), devendo ser justificada pelo projetista de SCIE, a adoção de cada uma dessas medidas, com base num método de avaliação de risco credível, aplicado a cada caso.

Quadro 2.27 – Medidas compensatórias para edifícios com graus de prontidão não regulamentares [9].

Utilização- tipo	Medidas compensatórias						
	Aumento do escalão de tempo da resistência ao fogo padrão	Diminuição das áreas máximas de compartimentação geral corta-fogo	Agravamento das exigências de reação ao fogo dos materiais	Reforço das instalações de controlo de fumo	Adoção de todos os meios de 2ª intervenção	Reforço das medidas de autoproteção	Instalação de sistemas de extinção automática de incêndio
I	●	●			●		
II, III e VI a XII	●		●	●	●	●	●
IV E V	●	●	●	●	●	●	

3
CASO DE ESTUDO

3.1 DESCRIÇÃO GERAL

A escolha do caso de estudo surge no seguimento da atividade profissional do autor, onde teve a oportunidade de desenvolver, recentemente, alguns projetos de segurança contra incêndios.

Do conjunto desses trabalhos, considera-se que o relativo ao Arquivo Municipal de Ovar, apresenta algum interesse em analisar, essencialmente pelos seguintes motivos:

- pela diversidade dos meios de extinção eventualmente a utilizar e pelas dúvidas suscitadas no momento da seleção dos meios de extinção mais adequados, tendo em conta a incompatibilidade de alguns agentes extintores com a preservação dos bens arquivados;
- pela carga de incêndio que o edifício poderá conter;
- e pela existência de elementos envidraçados com funções de compartimentação corta-fogo, facto que suscitou dúvidas na seleção da solução mais adequada para materializar essa função corta-fogo.

O edifício em estudo localiza-se na rua João de Deus, na cidade de Ovar, distrito de Aveiro (Figura 3.1).



Figura 3.1 – Localização do edifício (extraída do Google Earth).

O terreno encontra-se na zona histórica da cidade, num arruamento de um só sentido, onde a generalidade dos edifícios existentes são contíguos com o arruamento.

O edifício do Arquivo Municipal de Ovar será construído numa área onde atualmente existem dois edifícios de habitação antigos em meação (Figura 3.2).



Figura 3.2 – Fotografia das fachadas principais dos edifícios existentes.

Basicamente, será erigida uma nova estrutura, sobre os dois edifícios existentes, que serão parcialmente demolidos, sendo apenas mantidas as fachadas principais, contíguas com a via pública.

O edifício a construir possuirá, rés-do-chão, três andares e cobertura plana (Figura 3.8), com uma cércea de 11,60m (Figura 3.3 e Figura 3.9).

Quanto a áreas, o edifício apresenta uma área útil total de 679,30 m^2, desenvolvendo-se da seguinte forma:

- 208,25 m^2, no rés-do-chão (Figura 3.4);
- 152,05 m^2, no 1.º andar (Figura 3.5);
- 165,80 m^2, no 2.º andar (Figura 3.6);
- 153,20 m^2, no 3.º andar (Figura 3.7).

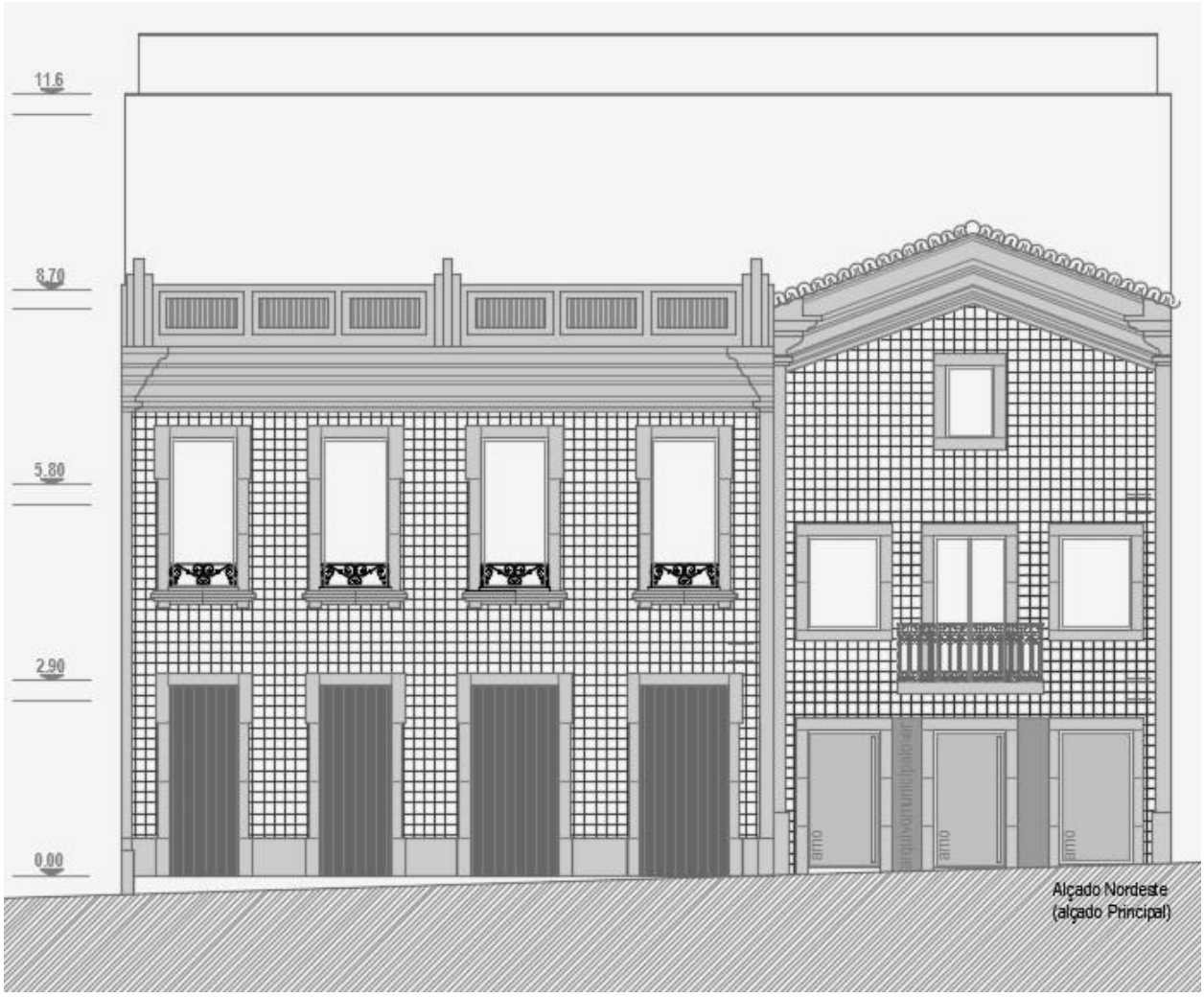


Figura 3.3 – Alçado principal do edifício a construir.

A estrutura do edifício será constituída, na sua maioria, por pórticos e lajes em betão armado.

As paredes serão realizadas em alvenaria de tijolo vazado, revestidas com reboco tradicional e os vãos envidraçados serão realizados com caixilharia metálica.

A cobertura plana será revestida com telas de impermeabilização, isolamento térmico e protegida com godo e com remates em chapa metálica.

O acesso ao interior do edifício, será realizado através da fachada principal, a partir do arruamento.

Ao nível funcional, o edifício desenvolve-se em quatro pisos acima do solo, nomeadamente, r/c, 1.º, 2.º e 3.º andar, dispondo essencialmente de compartimentos para atividades relacionadas com arquivo, entre outros, organizados da forma que se apresenta a seguir.



Figura 3.4 – Planta do R/C.

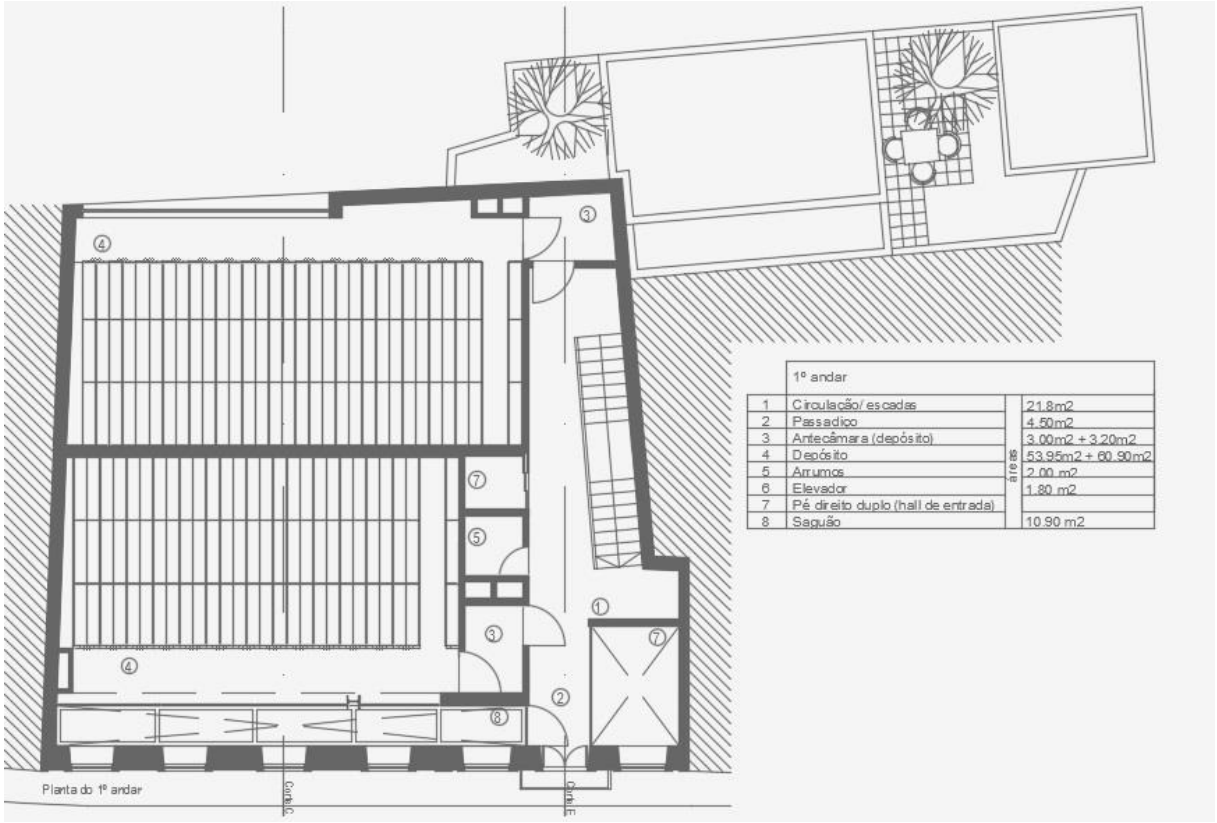


Figura 3.5 – Planta do 1.º andar.

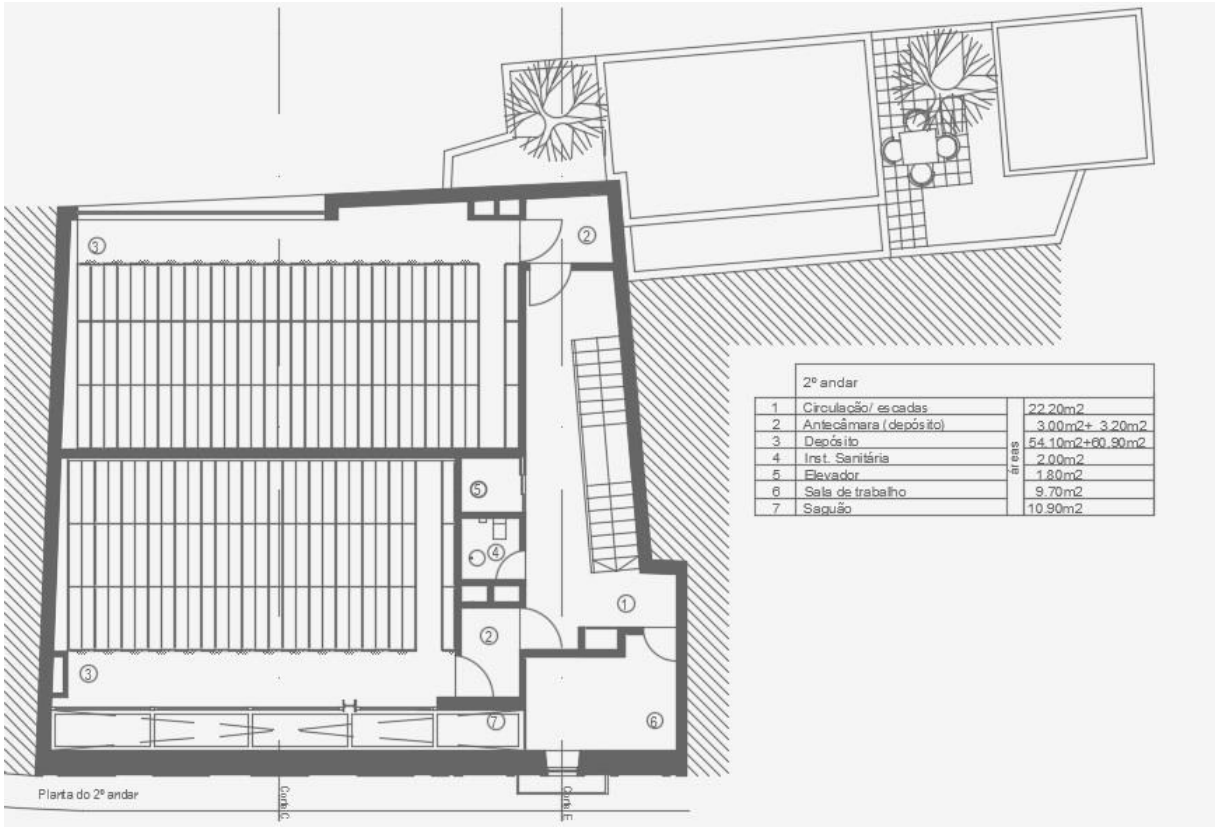


Figura 3.6 – Planta do 2.º andar.

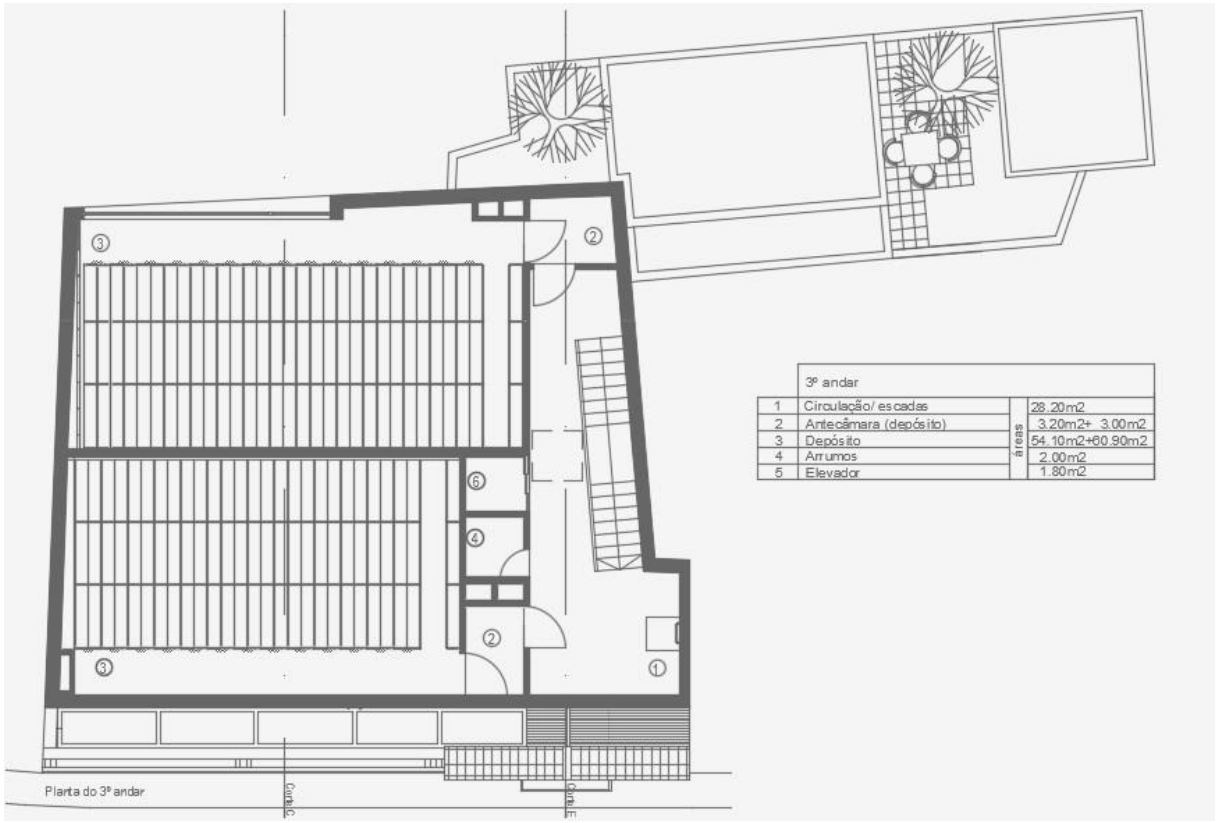


Figura 3.7 – Planta do 3.º andar.

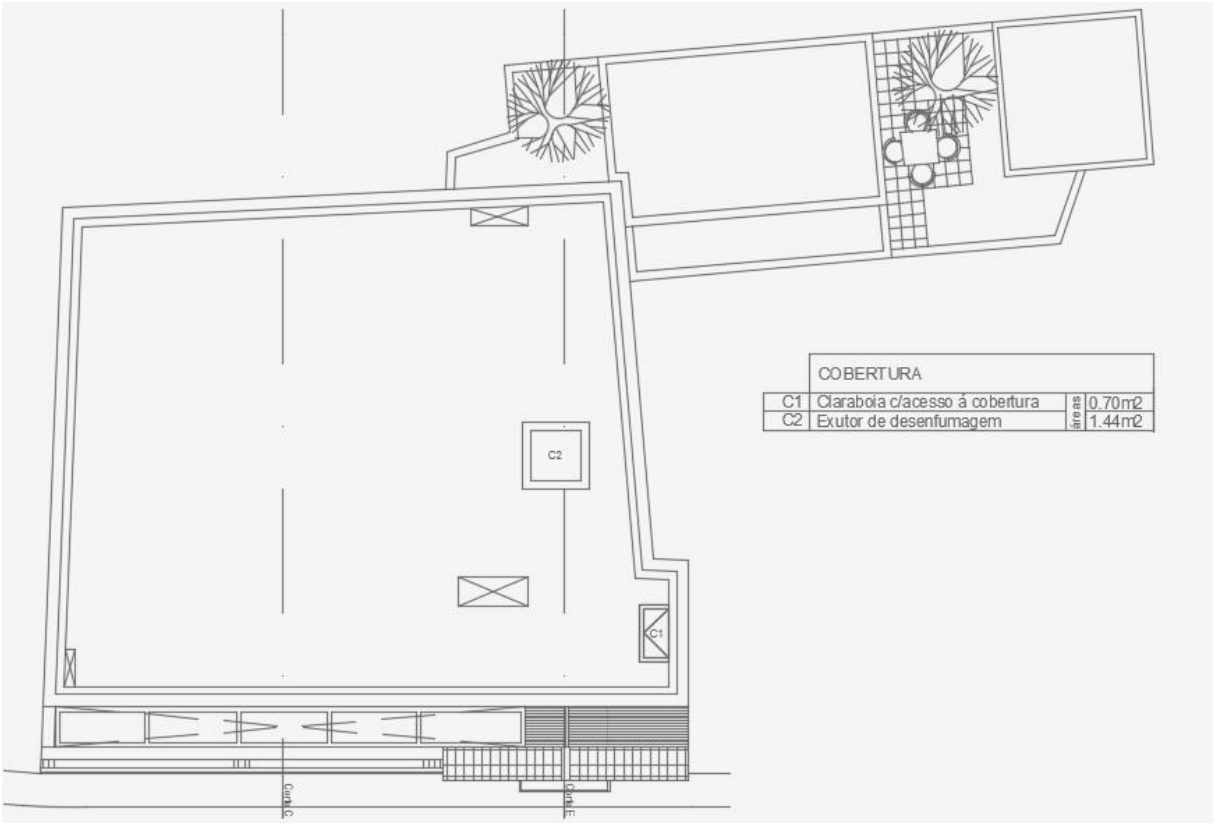


Figura 3.8 – Planta da cobertura.

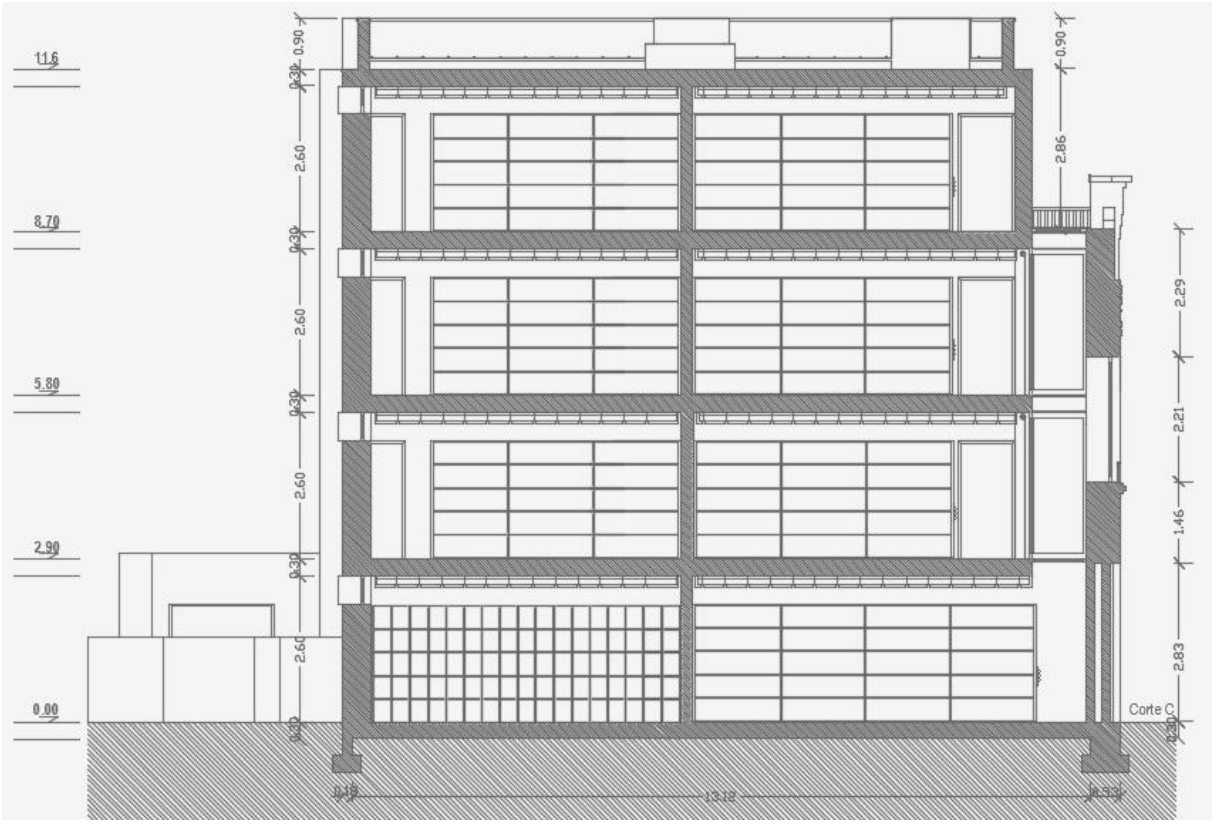


Figura 3.9 – Corte C.

As entidades responsáveis pelo projeto e conceção do Arquivo Municipal de Ovar foram as seguintes:

- Arquitetura: Câmara Municipal de Ovar – Divisão de Projetos e Obras Municipais – Autor: Arquiteta Sara Sá.
- Estruturas: CIVIGEST, Lda – Autor: Eng.º Carlos Azevedo (Colaboração: Paulo Barros e outros).
- Comportamento acústico e térmico: CIVIGEST, Lda – Autor: Eng.º Carlos Azevedo (Colaboração: Paulo Barros e outros).
- Segurança contra incêndios: CIVIGEST, Lda – Autor: Eng.º Carlos Azevedo (Colaboração: Paulo Barros e outros).
- Instalações hidráulicas prediais (abastecimento de Água, saneamento e drenagem de águas pluviais): CIVIGEST, Lda – Autor: Eng.º Carlos Azevedo (Colaboração: Paulo Barros e outros).
- Instalações AVAC: CEZERO, Lda – Autor: Eng.º Luís Teixeira.
- Instalações elétricas e de telecomunicações: GEESATE, Lda – Autor: Eng.º André Santos.

3.2 CLASSIFICAÇÃO DO RISCO

3.2.1 UTILIZAÇÃO-TIPO

De acordo com o RJ-SCIE [1], este edifício enquadra-se na utilização tipo XI, ou seja, nos edifícios do tipo bibliotecas e arquivos.

O risco de uma UT XI, é função da altura do edifício, do número de pisos abaixo do plano de referência, do efetivo e da densidade de carga de incêndio modificada, de acordo com o quadro VIII do RJ-SCIE [1].

3.2.2 ALTURA DO EDIFÍCIO

A altura do edifício, considerada como sendo a distância entre o nível de estacionamento dos veículos de socorro (donde se lançam as operações dos bombeiros) e o nível do último piso suscetível de ocupação, é de 8,70m.

3.2.3 NÚMERO DE PISOS ABAIXO DO PLANO DE REFERÊNCIA

Quanto ao número de pisos abaixo do plano de referência, verifica-se que todos os pisos do edifício se situam acima do plano de referência.

3.2.4 EFETIVO

Quanto ao número máximo estimado de pessoas presentes em simultâneo no interior do edifício, considerando os índices de ocupação indicados no RT-SCIE [78], obteve-se um efetivo de 39 pessoas, conforme descrito no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Determinação do efetivo do edifício.

Andar	Compartimento	Área utilizável (m^2)	Índice ocupação	Efetivo/ compartimento	
3º	Arquivo menor	13,30	0,2	2,66	3
3º	Arquivo maior	14,95	0,2	2,99	3
2º	Arquivo menor	13,30	0,2	2,66	3
2º	Arquivo maior	14,95	0,2	2,99	3
2º	Sala trabalho	9,70	0,2	1,94	2
1º	Arquivo menor	13,10	0,2	2,62	3
1º	Arquivo maior	14,90	0,2	2,98	3
R/C	Arquivo menor	5,50	0,2	1,10	2
R/C	Arquivo maior	14,00	0,2	2,80	3
R/C	Sala expurgo	9,40	0,2	1,88	2
R/C	Sala trabalho	10,90	0,2	2,18	3
R/C	Sala consulta	10,90	0,2	2,18	3
R/C	Receção	6,00	1	6,00	6
			Efetivo total		39

3.2.5 CARGA DE INCÊNDIO MODIFICADA

A carga de incêndio modificada, foi calculada de acordo com o Despacho n.º 2074/2009 de 15 de Janeiro [5], pelo método probabilístico e para atividades de armazenamento.

A densidade de carga de incêndio modificada nos compartimentos destinados a arquivo, qsi, é determinada de acordo com a expressão (3.1).

$$q_{si} = \frac{\sum_{i=1}^{i=N_{ai}} q_s \times h_i \times S_i \times C_i \times R_{ai}}{\sum_{i=1}^{i=N_{ai}} S_i} \quad (MJ/m^2) \tag{3.1}$$

Onde:

q_{vi} — é a densidade de carga de incêndio modificada, por unidade de volume relativa à zona de armazenamento i, em MJ/m^3 e que pode ser obtida no quadro II do Despacho n.º 2074/2009 de 15 de Janeiro [5];

h_i — é a altura de armazenagem da zona de armazenamento i, em metros;

S_i — é a área afeta à da zona de armazenamento i, em m^2;

C_i — é o coeficiente de combustibilidade, relativo ao material combustível existente na zona de armazenamento i, adimensional, cujo valor depende do risco de combustibilidade do material em questão, tomando o valor de 1.60, 1.30 ou 1.00, consoante o risco seja alto, médio, ou baixo, respetivamente;

R_{ai} — é o coeficiente de ativação, relativo ao material combustível existente na zona de armazenamento i, adimensional, cujo valor depende do risco de ativação do material em questão, tomando o valor de 3.00, 1.50 ou 1.00, consoante o risco seja alto, médio, ou baixo, respetivamente.

N_{ai} — é o número de zonas de armazenamento distintas.

A densidade de carga de incêndio modificada na totalidade do edifício, q_s, é determinada de acordo com a expressão (3.2).

$$q_s = \frac{q_{si} \times \sum S_i}{\sum S_t} \quad \left(\frac{MJ}{m^2}\right) \tag{3.2}$$

Onde:
ΣS_i — é o somatório da área afeta apenas à da zona de armazenamento i, em m^2;
ΣS_t — é o somatório da área total dos vários compartimentos, em m^2.

Assim, a densidade de carga de incêndio modificada nos compartimentos destinados a arquivo, foi determinada, tendo em conta os seguintes dados:

- densidade de carga de incêndio relativa à atividade de arquivo – q_{vi} = 1700 MJ/m^3;
- altura das estantes de armazenagem - h_i = 2,10m;
- risco alto – C_i = 1,60 e R_{ai} = 3,00.

Destes dados resulta uma densidade de carga de incêndio modificada, em cada compartimento destinado a arquivo, no valor de 17.136 MJ/m^2, conforme descrito no Quadro 3.2.

Quadro 3.2 – Determinação da densidade de carga de incêndio modificada nos compartimentos de arquivo.

q_{vi} (armazenamento em arquivos) (MJ/m^3)	1700
Altura das estantes de armazenagem (m)	2,10
C_i (risco alto)	1,6
R_{ai} (risco alto)	3
q_s (MJ/m^2)	17 136,00

Para se determinar a carga de incêndio modificada da totalidade do edifício, determinam-se as áreas totais úteis dos compartimentos *(S_i)* e as áreas efetivamente utilizadas para arquivo *(S_t)*, conforme descrito no Quadro 3.3.

Quadro 3.3 – Determinação das áreas totais e efetivas destinadas a arquivo.

Andar	**Compartimento**	**S_t - Área total útil do compartimento (m^2)**	**S_i - Área do compartimento efetivamente utilizada para arquivo (m^2)**
3º	Arquivo maior	61,50	46,50
3º	Arquivo menor	55,70	44,00
2º	Arquivo menor	61,00	43,00
2º	Arquivo maior	55,50	44,00
1º	Arquivo menor	61,00	43,00
1º	Arquivo maior	55,50	44,00
R/C	Arquivo maior	60,00	45,50
R/C	Arquivo menor	38,90	29,50
	∑	449,10	339,50

Fazendo a média ponderada às áreas, obtém-se assim a densidade de carga de incêndio modificada e ponderada, no valor de 12.954,07 MJ/m^2, conforme descrito no Quadro 3.4.

Quadro 3.4 – Determinação da densidade de carga de incêndio modificada da totalidade do edifício.

$\sum S_i$ (m^2)	449,10
S_t (m^2)	339,50
q_{si} (MJ/m^2)	17 136,00
q_s (MJ/m^2)	**12 954,07**

3.2.6 CATEGORIA DE RISCO DA UT

Com os valores atrás obtidos e, comparando com os valores limite do quadro IX do RJ-SCIE [1], verifica-se que o edifício em estudo se enquadra na 2.ª categoria de risco, devido ao facto de a densidade de carga de incêndio modificada que possui, ser superior a 10.000,00 MJ/m^2.

3.2.7 LOCAIS DE RISCO

Depois de classificado o risco de incêndio do edifício na sua globalidade, importa identificar quais os compartimentos ou locais no seu interior, que apresentam riscos acrescidos, pois estes exigem cuidados de segurança adicionais.

Desde logo, no seguimento da determinação da densidade de carga de incêndio modificada atrás realizada, constata-se que todos os compartimentos destinados a arquivo, possuem cargas de incêndio modificada com valores superiores a 20.000 MJ, constituindo assim locais de risco C agravado, designados nas peças desenhadas pela sigla C$^+$.

Basta verificar para o arquivo com menor área, fazendo, $q_{si} \times S_i = 12.954{,}07 \frac{MJ}{m^2} \times 29{,}50 m^2 = 382.145{,}01 MJ$.

Para além dos arquivos, caso seja necessária a existência de uma da CBSI, a casa das máquinas respetiva terá de ser considerada como um local de risco F.

3.3 MEDIDAS DE SEGURANÇA APLICADAS

As medidas de segurança contra incêndio aplicadas, com base no RJ-SCIE [1], procuram atender a três princípios gerais, preconizados no mesmo, nomeadamente a preservação da vida humana, do ambiente e do património cultural.

Para ir ao encontro destes três princípios do RJ-SCIE [1], procura-se dotar os edifícios de condições técnicas que permitam:

- 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.

As condições técnicas estabelecidas no RT-SCIE [78] para o efeito de segurança contra incêndio em edifícios podem ser agrupadas em:

- Condições exteriores comuns;
- Condições de comportamento ao fogo, isolamento e proteção;

- Condições de evacuação;
- Condições das instalações técnicas;
- Condições dos equipamentos e sistemas de segurança;
- Condições de autoproteção.

Para dotar o edifício em estudo das condições de segurança contra incêndio preconizadas no RT-SCIE [78], adotou-se um conjunto de medidas, agrupadas em:

- Passivas (medidas que estão permanentemente presentes no edifício);
- Ativas (medidas que apenas entram em funcionamento em caso de incêndio).

As medidas passivas especificamente adotadas no edifício em estudo, foram as seguintes:

- Correção das dimensões das vias de circulação, bem como das dimensões dos respetivos vãos de passagem, adequadas à evacuação dos ocupantes e à intervenção dos bombeiros;
- Imposição de uma adequada resistência ao fogo dos elementos estruturais do edifício, de forma a garantir a sua estabilidade durante o tempo adequado;
- Utilização de materiais com classes de reação ao fogo adequadas, nos revestimentos de paredes, tetos e pavimentos, de forma a não serem inapropriadamente inflamáveis ou combustíveis;
- Compartimentação corta-fogo, isolando os locais com risco de incêndio agravado ou que exigem cuidados de segurança adicionais, particularmente, os arquivos, antecâmaras, caixas da escada e do elevador, coretes e casa das máquinas para as bombas de incêndio.

As medidas ativas especificamente adotadas no edifício em estudo, foram as seguintes:

- Instalação de um sistema de deteção e alarme de incêndio;
- Instalação de iluminação de emergência e sinalização de encaminhamento da fuga;
- Instalação de um sistema mecânico de controlo de fumo;
- Instalação de um sistema automático de extinção de incêndios (SAEI) nos arquivos, por serem compartimentos habitualmente não ocupados e com elevada carga de incêndio armazenada;
- Colocação de extintores portáteis para 1.ª intervenção;
- Instalação de uma rede fixa para extinção manual para 1.ª intervenção (RIA);
- Instalação de um reservatório de água privativo para serviço de incêndio (RASI) e de uma central de bombagem para o serviço de incêndio (CBSI), para garantir o adequado fornecimento de água à RIA;
- Instalação de um hidrante exterior para garantir o adequado abastecimento e prontidão dos meios de socorro.

De seguida apresentam-se as medidas ativas adotadas destinadas à extinção dos incêndios, descrevendo-se pormenorizadamente, o dimensionamento das instalações hidráulicas preconizadas para o efeito.

Descreve-se antes disso, a compartimentação corta-fogo idealizada para o edifício em estudo, uma vez que esta tem implicações no traçado das redes hidráulicas, bem como na eventual necessidade de instalar cortinas de água nos envidraçados existentes nos arquivos.

3.4 COMPARTIMENTAÇÃO CORTA-FOGO IDEALIZADA

A compartimentação corta-fogo idealizada para o edifício em estudo, tendo em conta as suas especificidades quanto a risco de incêndio, foi considerada da seguinte forma:

- Pisos - Optou-se por constituir um compartimento corta-fogo por piso, atendendo ao número 1 do artigo 18.º do RT-SCIE [78], mesmo tendo em conta que a área máxima permitida para compartimentação geral corta-fogo, preconizada no número 2 mesmo artigo do RT-SCIE [78], é de 800 m2;
- Locais de risco C agravado - Optou-se por sub-compartimentar os locais destinados a arquivo (locais de risco C agravado), preconizando dois arquivos independentes por piso, tendo em conta a elevada carga de incêndio por m^2 nestes locais, de modo a reduzir a probabilidade de propagação de incêndio;
- Câmaras corta-fogo – As antecâmaras necessárias para fins de controlo da qualidade do ar dos arquivos, constituem também câmaras corta-fogo, à luz do artigo 35.º do RT-SCIE [78], constituindo assim compartimentos corta-fogo independentes;
- Escadas - A via vertical de evacuação constitui um outro compartimento corta-fogo independente, atendendo ao número 1 do artigo 26.º do RT-SCIE [78], constituindo assim uma caixa de escadas enclausurada por paredes de alvenaria e portas corta-fogo, isolando as escadas de todos os compartimentos que com ela comunicam;
- Elevador – A caixa do elevador constitui também um compartimento corta-fogo independente, ao abrigo do artigo 28.º do RT-SCIE [78];
- Locais de risco F – A casa das máquinas da central de bombagem do serviço de incêndio constitui um local de risco F, ao abrigo do artigo 171.º do RT-SCIE [78], devendo assim constituir um compartimento corta-fogo independente;
- Isolamento de coretes – As comunicações verticais materializadas por coretes, constituem compartimentos corta fogo independentes, atendendo ao número 10 do artigo 14.º do RT-SCIE [78], devendo ser isoladas em conformidade;
- Isolamento e proteção de canalizações e condutas – A passagem de canalizações e condutas através dos elementos construtivos de compartimentação corta-fogo, devem atender ao número 7 do artigo 14.º do RT-SCIE [78], devendo ser seladas ou ter registos corta-fogo, com a mesma resistência ao fogo dos elementos que atravessam, ou com metade dessa resistência, no caso de serem albergados em dutos.

Os valores da resistência ao fogo padrão mínima para os elementos construtivos dos compartimentos corta-fogo preconizados, sintetizam-se no Quadro 3.5.

Quadro 3.5 – Resistência ao fogo padrão mínima dos elementos construtivos do edifício em estudo.

Função do elemento construtivo	**Via vertical evacuação**	**Locais de risco C agravado**	**Locais de risco F**	**Caixa-de-elevador**	**Câmaras corta-fogo**	**Coretes**	**Registos corta-fogo de canalizações e condutas**
Apenas compartimentação	EI 60	EI 90	EI 90	EI 30	EI 60	EI 60	EI 60
Compartimentação e suporte	REI 60	REI 90	REI 90	REI 30	REI 60	REI 60	REI 60
Vãos	E 30 C	E 45 C	E 45 C	E 15 C	E 30 C	E 30 C	E 30 C

Optou-se por uniformizar os valores de resistência padrão dos elementos construtivos para o edifício em estudo, essencialmente, utilizando REI 90, EI 90 e vãos E 45 C, conforme a representação esquemática da compartimentação corta-fogo que se apresenta de seguida (Figura 3.10, Figura 3.11, Figura 3.12, Figura 3.13 e Figura 3.14).

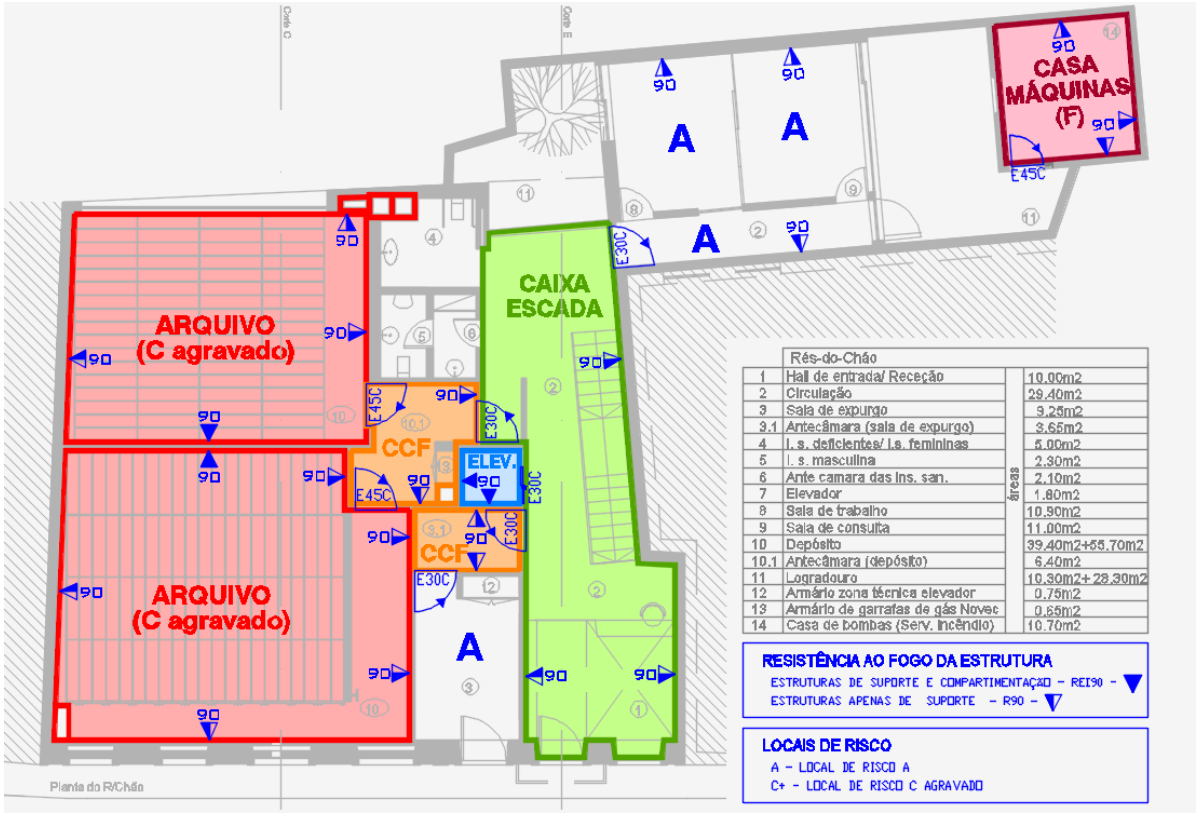


Figura 3.10 – Planta do R/C com representação da compartimentação corta-fogo.

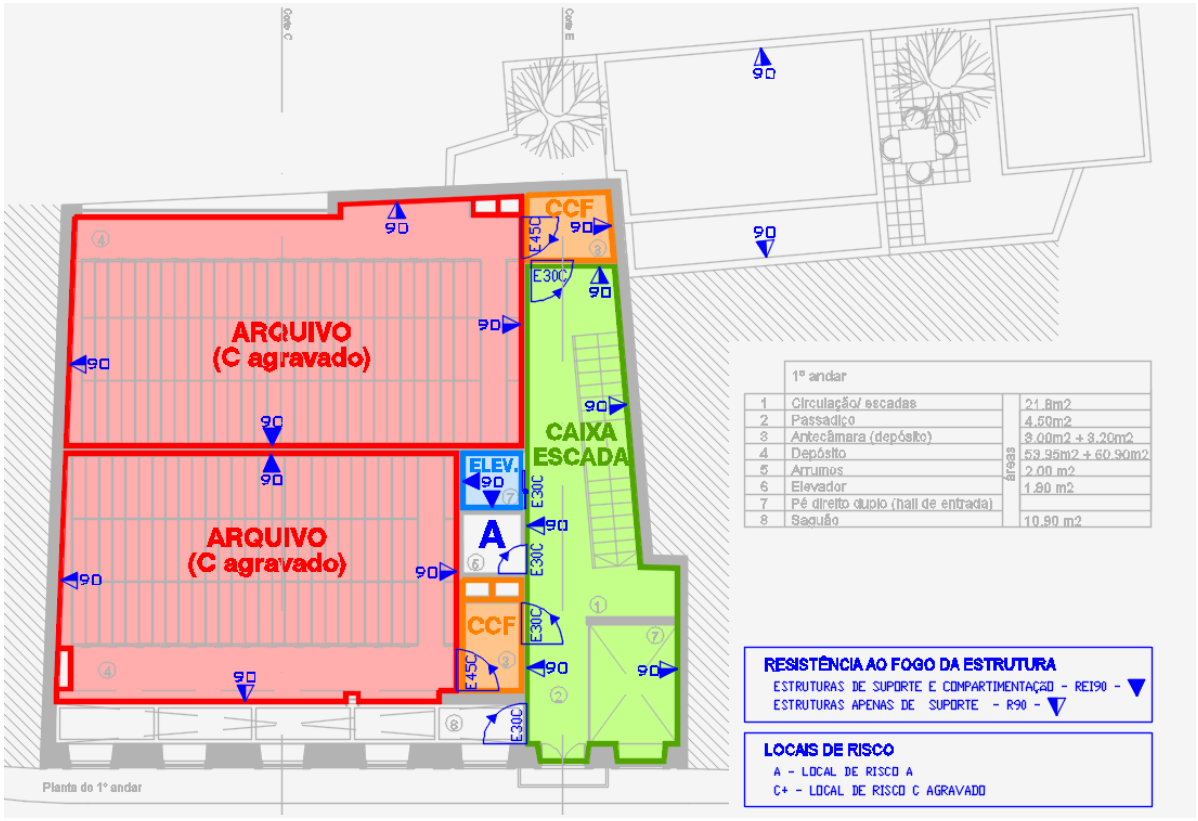


Figura 3.11 – Planta do 1.º andar com representação da compartimentação corta-fogo.



Figura 3.12 – Planta do 2.º andar com representação da compartimentação corta-fogo.



Figura 3.13 – Planta do 3.º andar com representação da compartimentação corta-fogo.

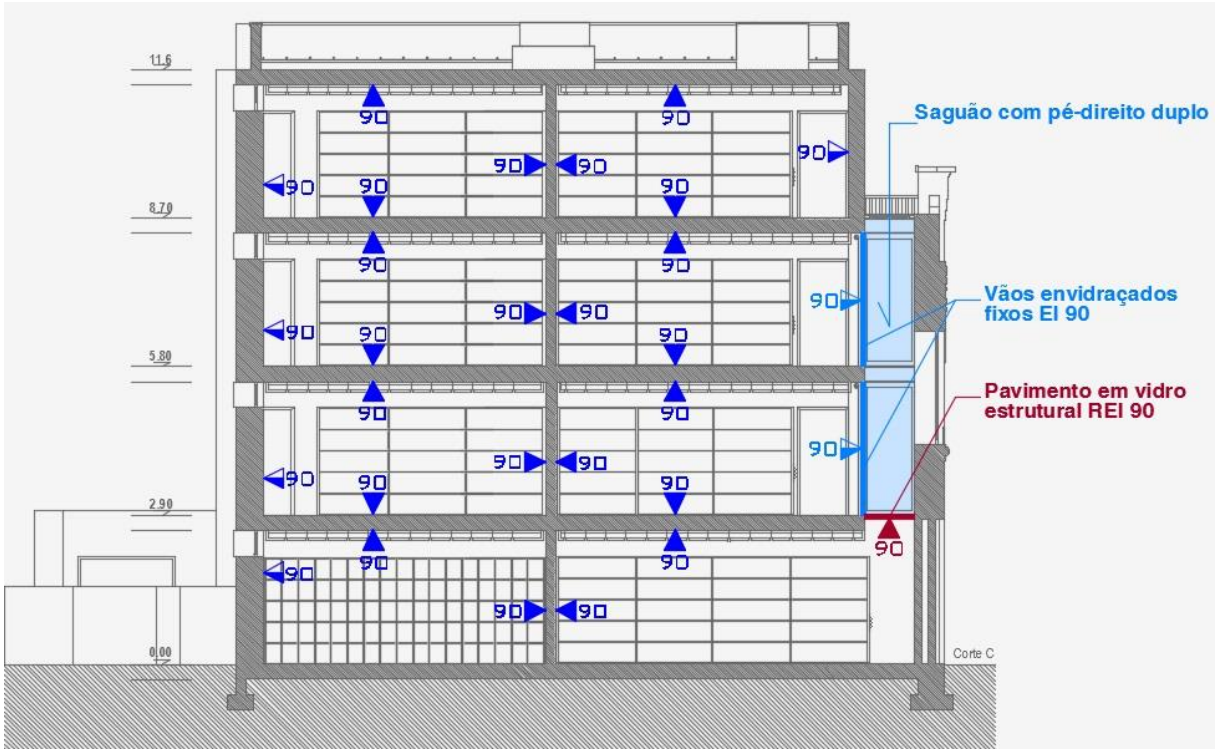


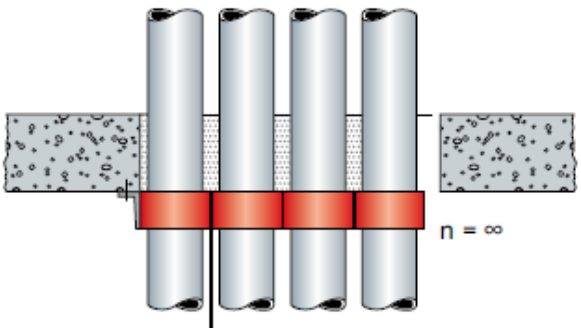
Figura 3.14 – Corte C com representação da compartimentação corta-fogo.

No que respeita às redes hidráulicas para extinção de incêndios, a compartimentação corta fogo deste edifício em estudo, pode interferir particularmente nos seguintes aspetos:

- Na passagem das tubagens através dos elementos construtivos, como o exemplo da Figura 3.15;
- Na consideração de meios de extinção compatíveis com a função corta-fogo dos elementos envidraçados onde é exigida essa função, devendo ser considerada a eventualidade de ocorrer choque térmico nos elementos de compartimentação em vidro, devido à diferença entre as temperaturas atingidas no incêndio e a temperatura de aplicação do agente extintor nos compartimentos.



a) Imagem de instalação



b) Corte esquemático

Figura 3.15 – Exemplo de selagem corta-fogo em atravessamento de lajes. Fonte: [79].

3.5 MEIOS DE EXTINÇÃO MANUAL DE INCÊNDIOS

3.5.1 GRAU DE PRONTIDÃO PARA OS MEIOS DE SOCORRO

Sendo que o edifício em estudo se enquadra na 2.ª categoria de risco, não é obrigatório, à luz do Despacho n.º 12037/2013 de 19 de setembro [9], verificar o grau de prontidão dos meios de socorro.

No entanto, como o edifício irá ser construído numa zona antiga da cidade de Ovar, com arruamentos estreitos, considera-se prudente analisar a acessibilidade aos veículos dos bombeiros e averiguar se esta é adequada, ou, se exige algum cuidado adicional.

O corpo de bombeiros local, que serve a área do edifício a construir, é a corporação de Bombeiros Voluntários de Ovar, localizada na Rua Doutor Manuel Arala, em Ovar.

Verifica-se que esta corporação de bombeiros fica localizada relativamente perto do edifício a construir e, utilizando a ferramenta Google-Earth, constata-se que a distância é de cerca de 0,8 Km, estimando-se um tempo de percurso de 3 minutos, conforme se indica na Figura 3.16.

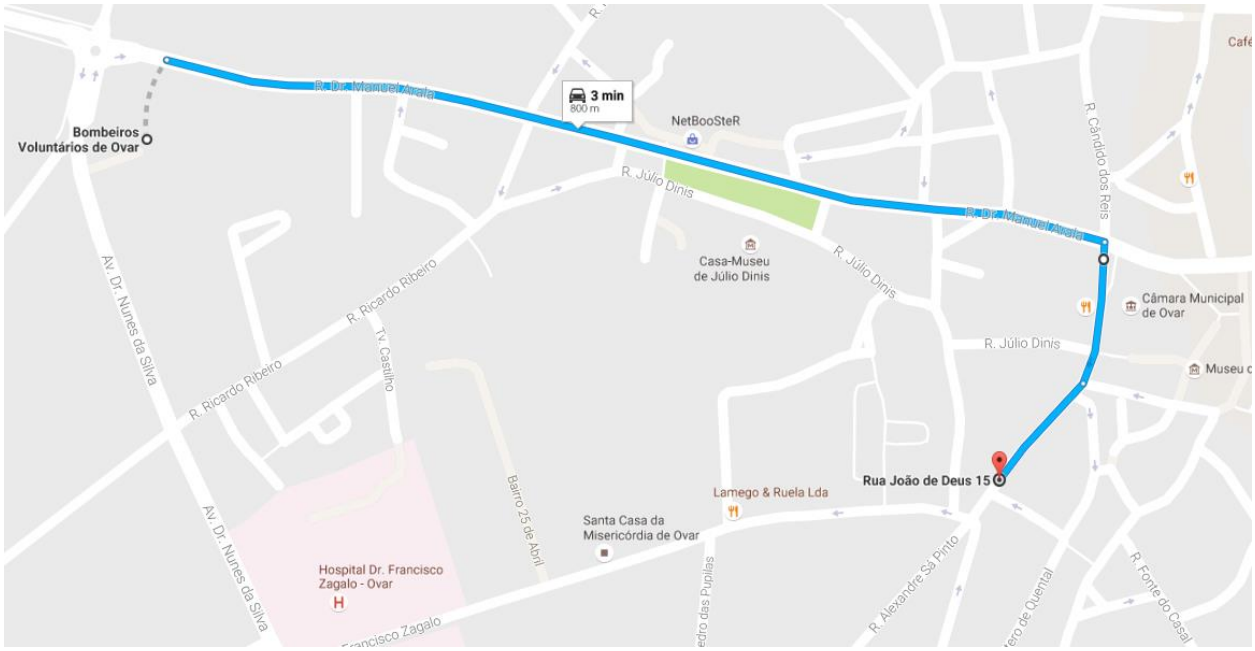


Figura 3.16 – Distância entre o edifício a construir e a corporação de bombeiros local. Fonte: Google Earth.

Quanto às acessibilidades a edifícios de altura não superior a 9 m, o RT-SCIE [78] impõe no seu artigo 4, que a via de acesso deve permitir o estacionamento dos veículos de socorro, dispondo de uma largura útil mínima de 3,50 m e inclinação máxima de 15 %, a uma distância máxima de 30 m ou, de 50 m em centros urbanos antigos. Para além disso, caso o veículo fique numa situação de impasse, a largura útil mínima passa a ser de 7,00 m, ou, em alternativa, deve existir um entroncamento ou rotunda, onde as viaturas de socorro possam fazer inversão de marcha, percorrendo uma distância máxima de 30 m em marcha-atrás.

Apesar de a rua João de Deus, apresentar cerca de 4 m de largura e cerca de 3% de inclinação, verifica-se que há estacionamento de carros a obstruir a passagem, conforme apresentado na Figura 3.17, resultando numa largura útil de apenas cerca de 2 m, largura esta que já é insuficiente para passagem dos veículos de socorro à luz do RT-SCIE [78].



Figura 3.17 – Largura do arruamento em zona de estacionamento. Fonte: Google Earth.

Nestas condições, considera-se que os veículos de socorro não conseguem deslocar-se até à entrada do edifício, conforme representado na Figura 3.18, tendo de estacionar antes, a uma distância de aproximadamente 38 m (inferior ainda assim aos 50 m permitidos no RT-SCIE [78]).

Observa-se na mesma Figura 3.18, que é possível fazer inversão de marcha, percorrendo em marcha-atrás, aproximadamente a distância máxima de 30 m permitida pelo RT-SCIE [78].

No entanto, apesar de ser possível inverter a marcha, verifica-se que a maior parte das vias alternativas, apresentam larguras, raios de curvatura e situações de estacionamento idênticas ou piores às existentes na rua João de Deus.

Este fato pode originar constrangimentos e atrasos nas operações de socorro, no entanto, não se consideram medidas adicionais de segurança contra incêndio.

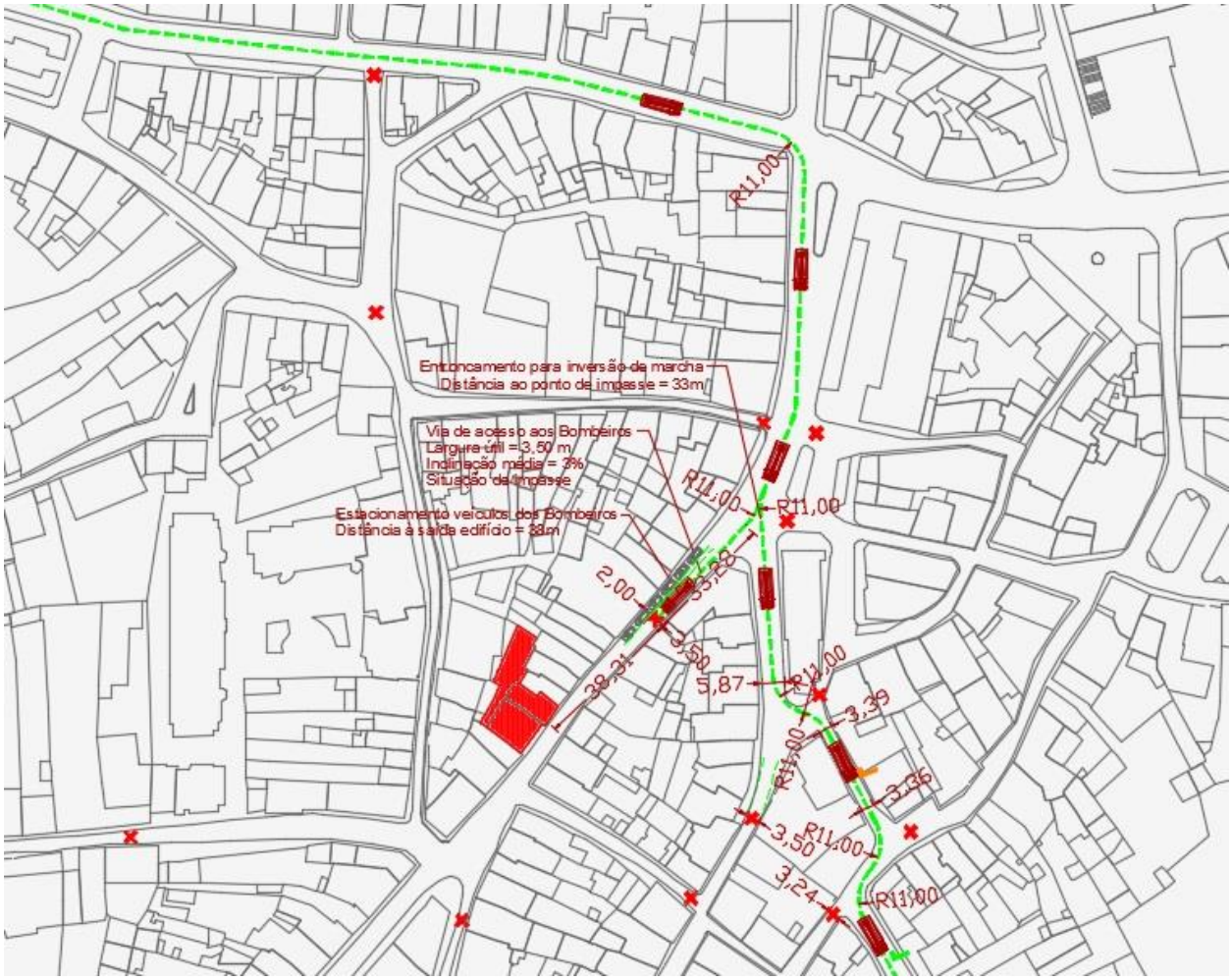


Figura 3.18 – Acessibilidades aos veículos dos bombeiros.

3.5.2 HIDRANTE EXTERIOR

O RT-SCIE [78] preconiza a existência de hidrantes (de preferência marcos de incêndio), que disponibilizem água, nas imediações dos edifícios, para abastecimento dos veículos de socorro no combate a incêndio.

A alimentação de água aos hidrantes deve ser feita através da rede pública, ou excecionalmente, através de rede privada, nas situações em que a rede pública não ofereça as condições necessárias;

Como se pode observar na planta de cadastro fornecida pela entidade gestora da rede pública de distribuição de água na zona em causa, designadamente, a Adra, que se apresenta parcialmente na Figura 3.19, o arruamento é abastecido pela rede pública de água e, existe uma boca de incêndio na fachada do edifício, imediatamente em frente, ao edifício em estudo.

No entanto, esta boca de incêndio não assegura as exigências de localização à luz do RT-SCIE [78], uma vez que, para ser considerada utilizável para o edifício em estudo, deveria estar localizada nas paredes de fachada, com uma distribuição de, uma boca de incêndio por cada 15 m de parede ou fração, quando esta exceder os 7,5 m.



Figura 3.19 – Extrato da planta da rede pública de distribuição de água fornecida pela Adra.

Apesar de os passeios da rua João de Deus serem muito estreitos, propõe-se mesmo assim, a instalação de um marco de incêndio, a uma distância inferior a 30 m das saídas do edifício, que assegure o adequado fornecimento de água aos meios de socorro dos bombeiros.

De forma a ficar mais próximo da zona prevista para estacionamento dos veículos de socorro, propõe-se a instalação do marco de incêndio, não imediatamente à frente do edifício a construir, mas a uma distância de cerca de 23 m, da entrada do edifício, conforme se indica na Figura 3.18.

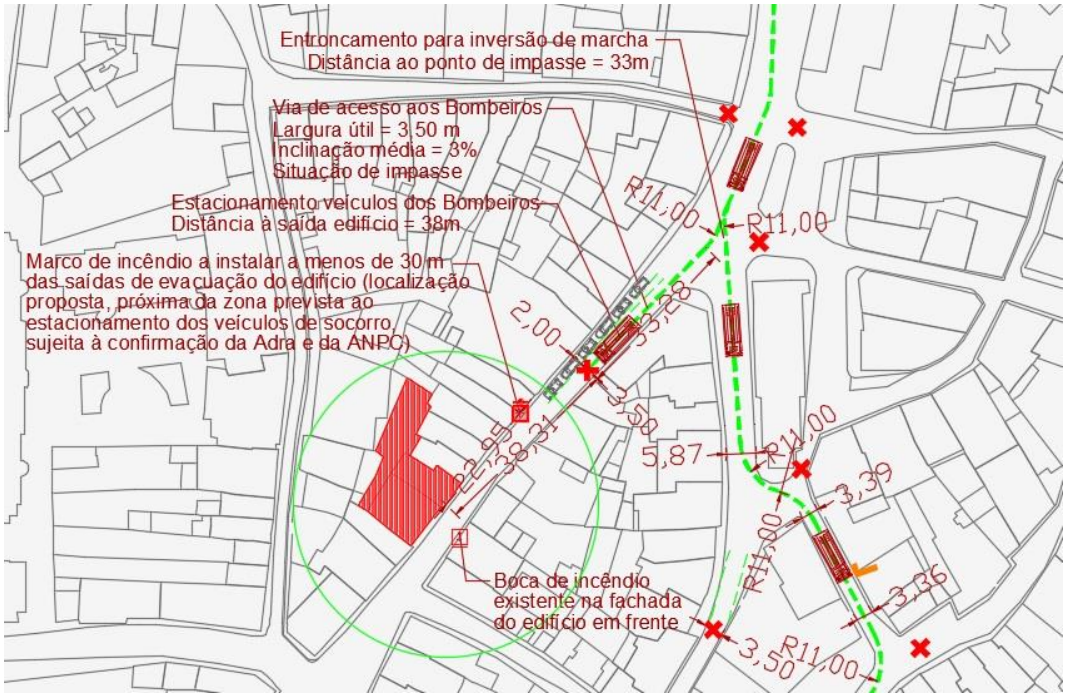


Figura 3.20 – Localização proposta para o marco de incêndio a instalar.

Quanto ao dimensionamento do ramal de alimentação do marco de incêndio, consideram-se os requisitos preconizados no RT-SCIE [78], no RGSPPDADAR [77] e no RMAADAR – AVEIRO [80], abordados no subcapítulo C.2, nomeadamente, os seguintes:

- Q mínimo = 20 L/s;
- Pressão mínima = 150 kPa;
- Diâmetro mínimo = 100 mm;
- Velocidade máxima = não aplicável.

No entanto, a conduta de distribuição de água existente no arruamento, possui um diâmetro nominal de 90 mm (PVC PN10), ligeiramente abaixo ao diâmetro mínimo de 100 mm, exigido na NT 7 [19].

Assim, independentemente da análise necessária por parte da entidade gestora Adra, considera-se, um ramal de alimentação ao marco de incêndio, também com diâmetro de 90 mm e em PVC PN10.

Apesar de não ser exigido nenhum limite para a velocidade de escoamento nas redes públicas de abastecimento de água, em situação de incêndio, faz-se a verificação deste parâmetro através da fórmula da continuidade, evitando velocidades superiores a 6 m/s, como se demonstra na expressão (4.8):

$$U = \frac{Q}{\pi \times \frac{D^2}{4}} = \frac{20{,}00}{\pi \times \frac{0,,814^2}{4}} = 3{,}84\ \text{m/s} \ \leq 6\text{m/s (ok)} \tag{3.3}$$

onde:
U – é a velocidade de escoamento da água em (m/s);
Q - é o caudal de cálculo dos hidrantes em funcionamento simultâneo, em (m^3/s);
D – é o diâmetro interior da tubagem (m).

Não se verificam assim problemas de velocidade de escoamento, utilizando um tubo de PVC PN 10 com diâmetro 90mm.

Não se verificam também problemas de pressão insuficiente na rede pública de abastecimento de água, uma vez que a pressão média disponível é de 30 mca (294,19 kPa), conforme dados fornecidos pela Adra, bastante superior à pressão mínima de 150 kPa.

Tendo em conta que a temperatura em Ovar, pode baixar abaixo de 4 ºC em alguns dias do ano, conforme se pode verificar na Figura 3.21, propõe-se a utilização de um marco de incêndio do tipo seco.

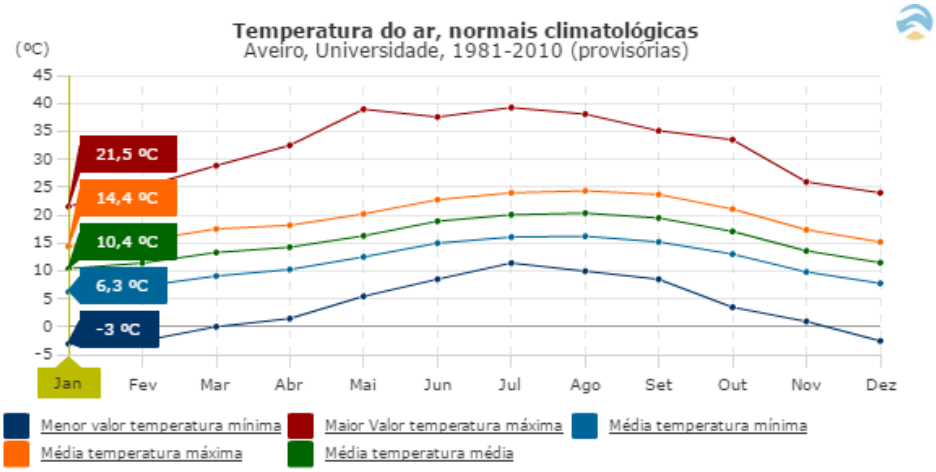


Figura 3.21 – Temperaturas do ar em Aveiro, entre 1980-2010. Fonte: [81].

Para além disso, propõe-se que o marco de incêndio a instalar seja dotado de fusível, uma vez que será instalado em zona de passeio (sujeito a eventuais impactos de veículos), preconizando-se assim um marco de incêndio fabricado segundo a NP EN 14384 [82] do tipo C (Figura 3.22).

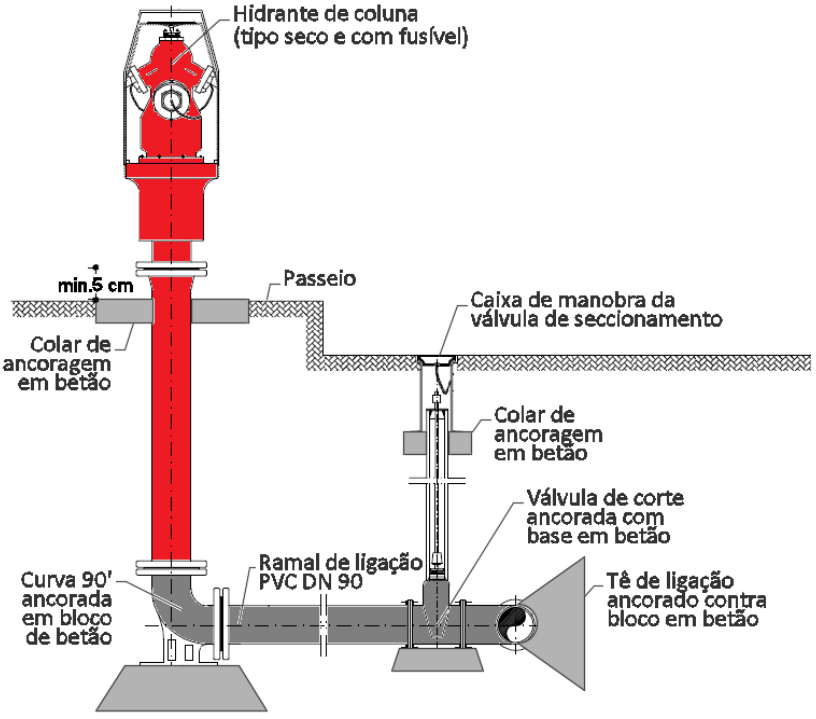


Figura 3.22 – Pormenor tipo proposto para a ligação do hidrante de coluna.

3.5.3 EXTINTORES

Independentemente da necessidade de utilizar outros meios de extinção adotados, importa equipar o edifício em estudo com meios portáteis, que permitam aos utilizadores comuns, tentar extinguir rapidamente um eventual foco de incêndio (desde que reunidas condições de segurança mínimas para tal).

O RT-SCIE [78] exige no artigo 163, a instalação extintores portáteis de incêndios de 1.ª intervenção, em todos os edifícios, com exceção dos edifícios da utilização-tipo I, das 1.ª e 2.ª categoria de risco.

A proteção do edifício através de meios portáteis será feita a um nível geral, de modo a proteger a construção e, a um nível local, em cada compartimento com riscos específicos.

Ao nível do edifício, é necessário essencialmente proteger a construção, de fogos da classe A (têxteis, papel, mobiliário, revestimentos em madeira, etc.).

A um nível local, é necessária proteção específica nos seguintes locais de risco:

- No interior dos compartimentos de risco C agravado, com potencial para desenvolvimento de fogos da classe A (documentos em papel dos arquivos);
- Na casa das máquinas, junto a reservatórios de combustíveis líquidos, se forem necessários, como fonte de energia alternativa para as instalações de segurança (gerador de energia ou motobombas de emergência, etc.), com potencial para desenvolvimento de fogos da classe B;
- Junto aos quadros gerais mais importantes da instalação elétrica, com potencial para desenvolvimento de fogos na presença de corrente elétrica.

Na seleção e dimensionamento dos meios de extinção portáteis, consideram-se os requisitos preconizados no RT-SCIE [78] e na NP 3064 [83], sintetizados no subcapítulo C.3.

Para a proteção geral do edifício considera-se o seguinte:

- Considerou-se a utilização de extintores de pó químico seco do tipo ABC, de forma a puderem ser utilizados, tanto em materiais sólidos existentes no edifício, bem como em pequenos equipamentos elétricos em carga, ou em pequenos volumes de líquidos inflamáveis, que possam ser utilizados nas atividades normais do edifício;
- Distância máxima a percorrer da saída de um local até a um extintor de 15 m;
- Colocação, sempre que possível, junto às saídas das vias horizontais de evacuação;
- Área máxima de cobertura de 1 extintor para proteção de fogos da classe A é de 300 m^2, com eficácia mínima 13A, considerando que se tratam de locais, com potencial para ocorrência de incêndios de grandes proporções, enquadrando-se, portanto, na classe de riscos grave, à luz da NP 3064 [83];
- Um mínimo de 2 extintores por piso;
- Quantidade mínima de agente extintor de 18 L de água por 500 m^2 ou por fração de pavimento, (o que equivale a 9 kg de pó químico por piso, tendo em conta que as áreas de cada piso são inferiores a 500 m^2).

Para a proteção particular dos locais de risco C agravado (compartimentos destinados a arquivo), tem-se em conta o seguinte:

- Considerou-se a utilização de extintores de pó químico seco do tipo ABC, tendo em conta que a sua utilização não danifica os documentos em papel dos arquivos e, de maneira a utilizar-se

assim um único tipo de agente extintor nos vários locais do edifício (com exceção dos quadros elétricos);
- Distância máxima de 15 m, a percorrer desde a saída de um local até um extintor;
- Colocados, sempre que possível, junto às saídas das vias horizontais de evacuação;
- Área máxima de cobertura de 1 extintor para proteção de fogos da classe A é de 300 m^2, com eficácia mínima 13A, considerando risco grave;
- Quantidade mínima de agente extintor de 18 L de água por 500 m^2 ou por fração de pavimento (o que equivale a 9 kg de pó químico ABC por compartimento, sendo que a maior das áreas dos compartimentos de arquivo é da ordem de 60 m^2);
- Resultando assim na colocação de 1 extintor de pó químico seco do tipo ABC, com carga nominal de 6 kg e com eficácia mínima 13A, em cada compartimento destinado a arquivo.

Para a proteção particular dos locais de risco F (casa das máquinas da CBSI), considera-se o seguinte:

- Considerou-se a utilização de extintores de pó químico seco do tipo ABC, mantendo o mesmo tipo de agente extintor dos restantes compartimentos;
- Distância máxima entre 1 extintor e o local de risco a proteger de fogos da classe B é de 9 m, com eficácia mínima 20B, considerando risco grave;
- Utilização de meios complementares de proteção, quando exista risco de derrame de líquidos combustíveis, sobre uma área superior a 2 m^2 e numa espessura superior a 6mm;
- Resultando assim na colocação de 1 extintor de pó químico seco do tipo ABC, com carga nominal de 6 kg e com eficácia mínima 13A/ 20B e na utilização de um balde de areia de 5 L para proteção adicional (devido à existência do depósito de gasóleo da motobomba).

Por fim, para proteção de fogos envolvendo equipamentos elétricos em carga (quadro elétrico geral do edifício), adotou-se a colocação de 1 extintor de CO_2, com carga nominal de 2 kg.

Apresentam-se os meios de proteção portáteis utilizados para o caso de estudo, utilizados em cada piso, na Figura 3.23 (r/c), Figura 3.24 (1º andar), Figura 3.25 (2º andar) e Figura 3.26 (3º andar).

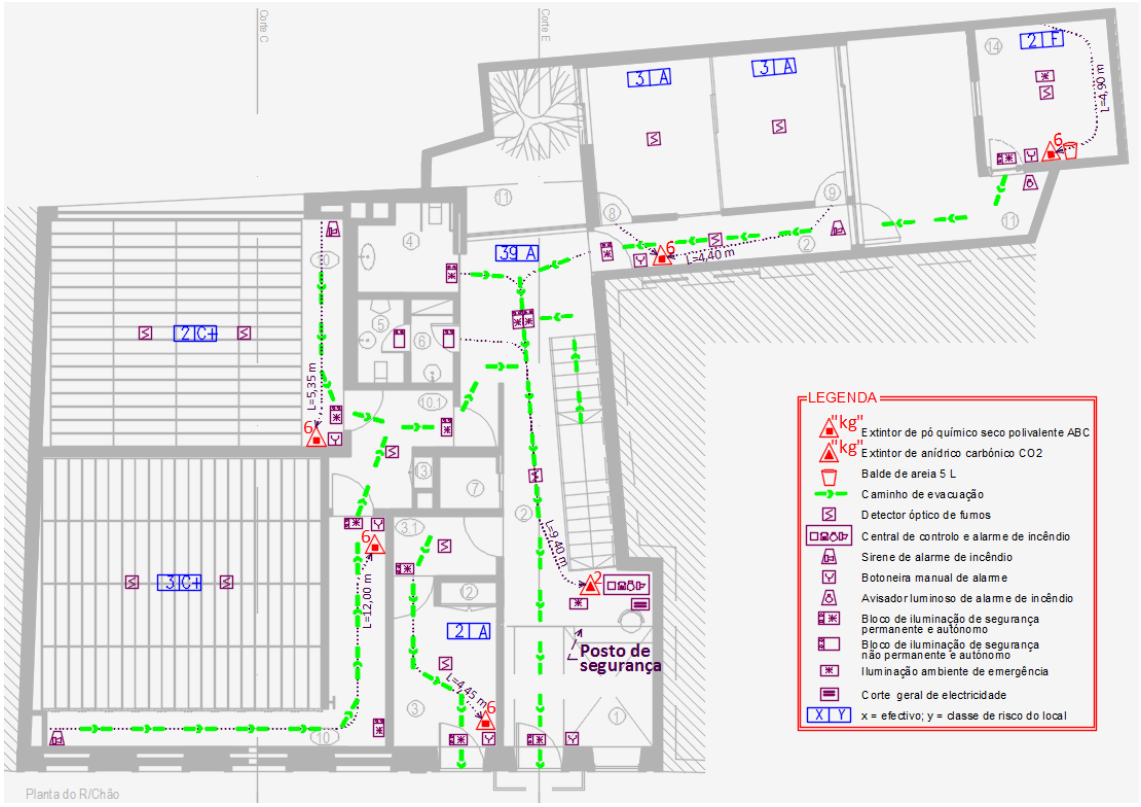


Figura 3.23 – Planta do R/C com posicionamento dos extintores portáteis.

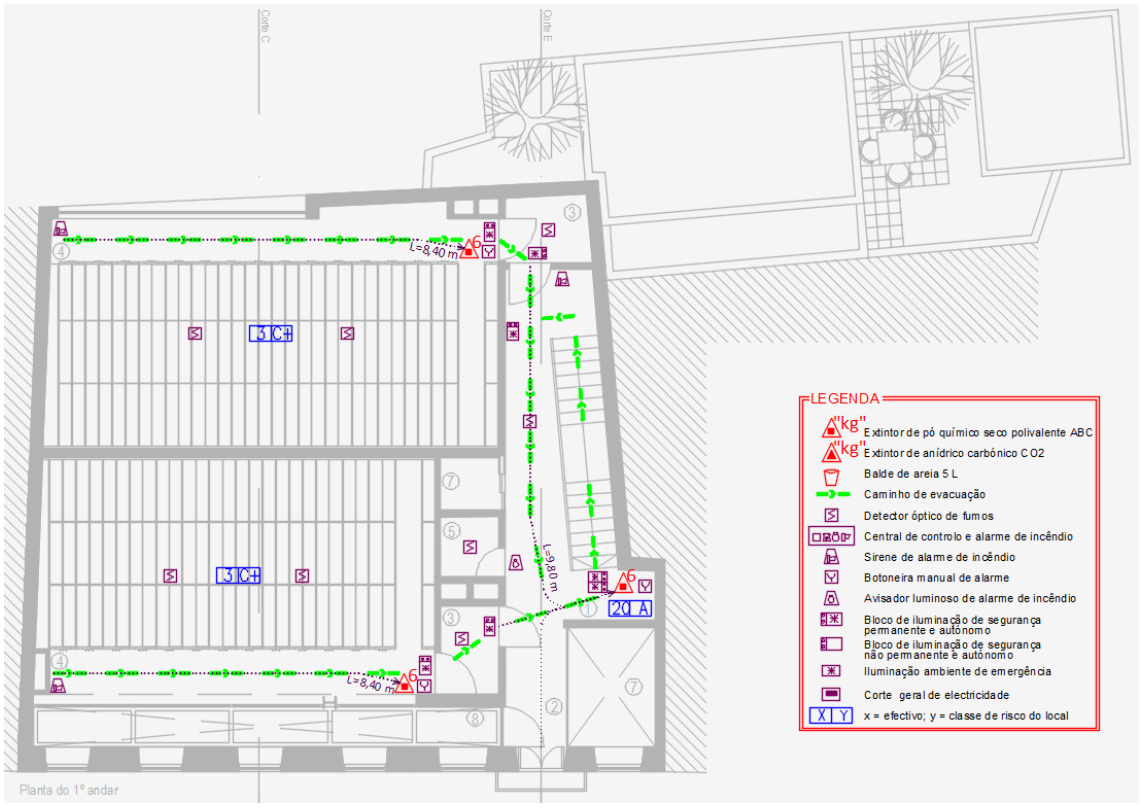


Figura 3.24 – Planta do 1.º andar com posicionamento dos extintores portáteis.

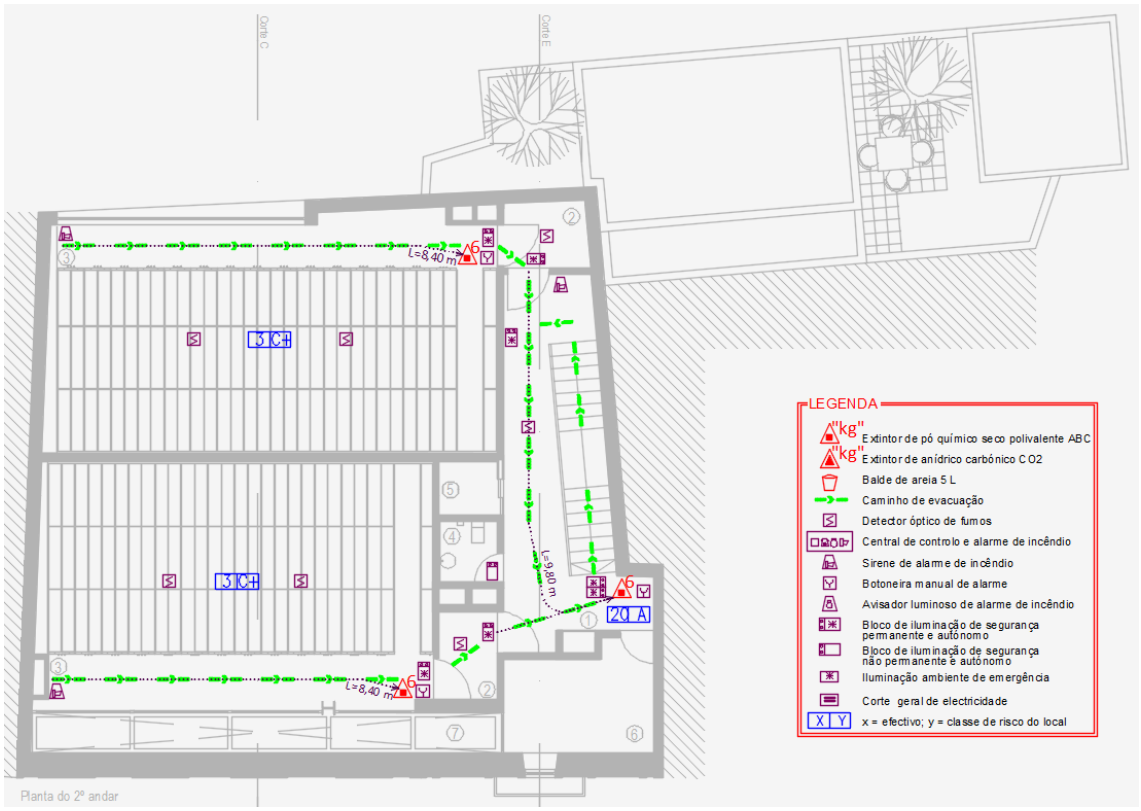


Figura 3.25 – Planta do 2.º andar com posicionamento dos extintores portáteis.

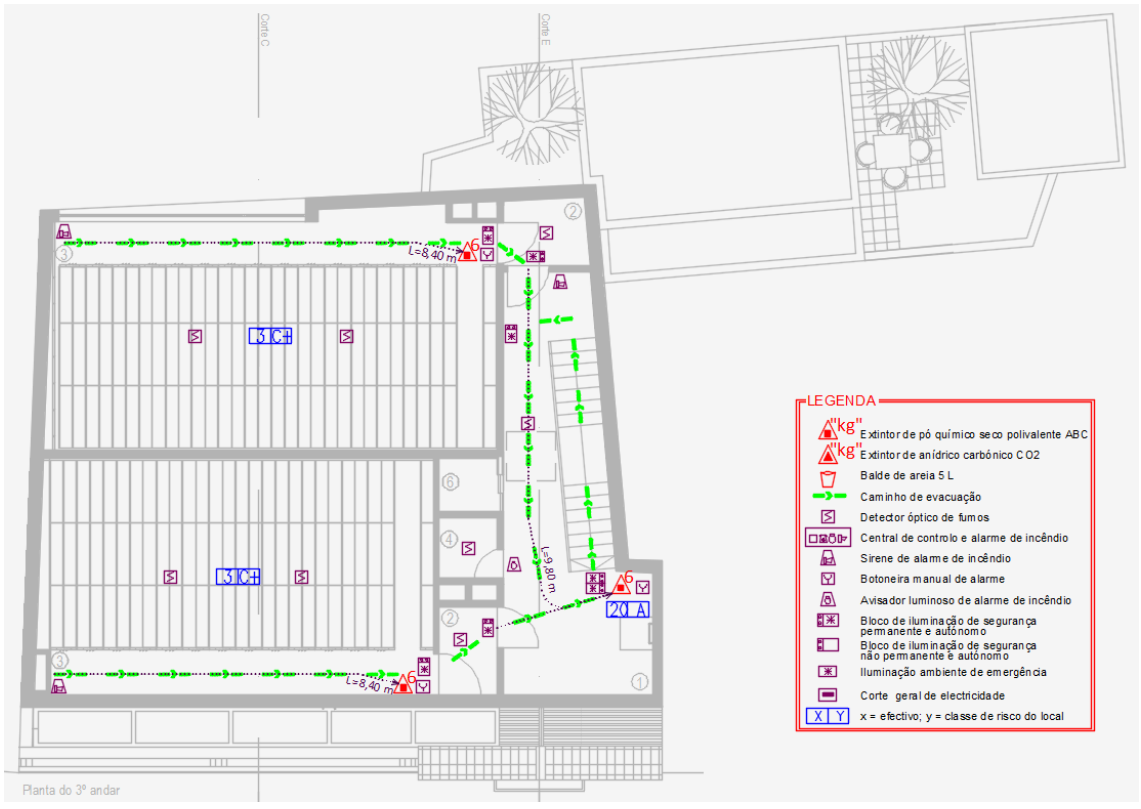


Figura 3.26 – Planta do 3.º andar com posicionamento dos extintores portáteis.

3.5.4 REDE PARA COMBATE MANUAL DE 1ª INTERVENÇÃO (RIA)

3.5.4.1 Enquadramento regulamentar da utilização da RIA

O RT-SCIE [78] exige, na alínea a) do artigo 164, a instalação de redes fixas para extinção manual de incêndios de 1.ª intervenção, nos edifícios da utilização-tipo XI, da 2.ª categoria de risco.

O edifício em causa é da 2.ª categoria de risco e verifica-se que a pressão média disponibilizada pela rede pública é de 30 mca, de acordo com as plantas do cadastro da rede fornecidas pela entidade gestora Adra.

Será então instalada uma rede para extinção manual de incêndios, armada com bocas do tipo carretel, adiante designada por RIA, tendo em conta todos os requisitos enunciados no subcapítulo C.4.

3.5.4.2 Traçado da RIA

Quanto à sua cobertura no edifício, a RIA desenvolver-se-á em todos os pisos habitáveis, de forma a que as mangueiras das bocas de incêndio instaladas abranjam todos os espaços do edifício, a uma distância não superior a 5 m de qualquer ponto, conforme representado nas Figura 3.28 (r/c), Figura 3.29 (1.º andar), Figura 3.30 (2.º andar) e Figura 3.31 (3.º andar).

Quanto às implicações da alimentação da RIA no seu traçado, tem-se em conta que o RT-SCIE [78] apenas permite, que a alimentação seja feita através da rede pública, em edifícios da 1.ª ou 2.ª categoria de risco e, caso a rede pública garanta continuidade de pressão e caudal.

Importa então, antes de avançar com o traçado definitivo da rede, verificar se pressão disponibilizada pela rede pública é suficiente, para avaliar se é, ou não, necessário instalar uma central de bombagem para serviço de incêndio.

Para isso, faz-se um cálculo aproximado da pressão requerida ao nível do R/C, necessária para garantir uma pressão mínima no carretel mais desfavorável, que, neste caso, corresponde ao carretel que se encontra à cota mais elevada (3.º andar).

Analisando a altimetria da RIA no corte E, representado na Figura 3.27, verifica-se que a pressão necessária ao nível do R/C, é de aproximadamente:

$$H = 2{,}90\ m + 2{,}90\ m + 2{,}90\ m + 1{,}5\ m + Pressão\ carretel\ mais\ desfavorável + \Delta H$$

Assumindo uma pressão mínima de 25 mca, no dispositivo mais desfavorável, conforme preconizado no RT-SCIE [78], tem-se:

$$H = 10{,}2\ + 25{,}0 + \Delta H = \ 35{,}2\ mca + \Delta H$$

Constata-se assim, que a pressão disponibilizada pela rede pública é insuficiente, pois, mesmo sem contabilizar as perdas de carga contínuas e localizadas no caminho mais desfavorável, a pressão necessária para vencer a altura geométrica e potencial, já supera a pressão média de 30 mca disponibilizada pela rede pública, veja-se:

$$30\ mca <\ 35{,}2\ mca + \Delta H$$

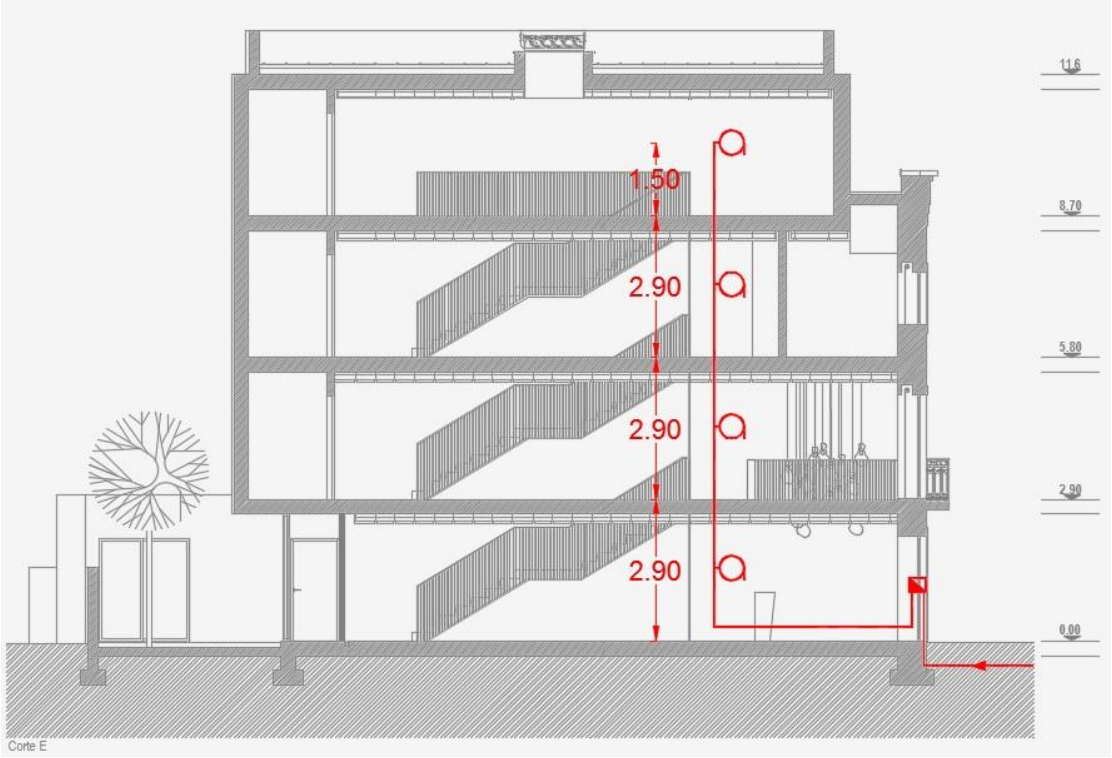


Figura 3.27 – Corte E com representação esquemática da RIA.

É, portanto, necessário garantir a pressão necessária à rede através de bombagem, o que implica que a continuidade de caudal tenha de ser garantida através de um reservatório de água, conforme preconizado no n.º 4, do artigo 167 do RT-SCIE [78].

Por fim, quanto às implicações da localização do contador no do traçado da RIA, consideram-se as disposições preconizadas nos artigos 108 e 109 do RMAADAR – AVEIRO [80], nomeadamente:

- Localizar o contador na zona de entrada, visto o edifício em causa ser confinante com a via pública;
- Partilhar o mesmo contador para a rede predial de fornecimento de água para consumo humano, bem como, para a rede de combate a incêndios, preconizando para isso uma derivação a jusante do contador, seccionada por uma válvula de corte.

Considerando todos estes aspetos, o traçado da RIA é finalizado, traçando uma conduta de adução desde o contador até ao reservatório, a localizar na posição mais adequada, que neste caso, se considerou ser no logradouro, de forma a que o reservatório possa ser do tipo enterrado, originando assim um menor impacto na arquitetura (onde as áreas disponíveis são muito limitadas), ficando apenas a casa das máquinas, implantada ao nível do R/C, imediatamente acima do reservatório, conforme representado na Figura 3.28.



Figura 3.28 – Planta do R/C com representação da RIA e posicionamento das BIATC.

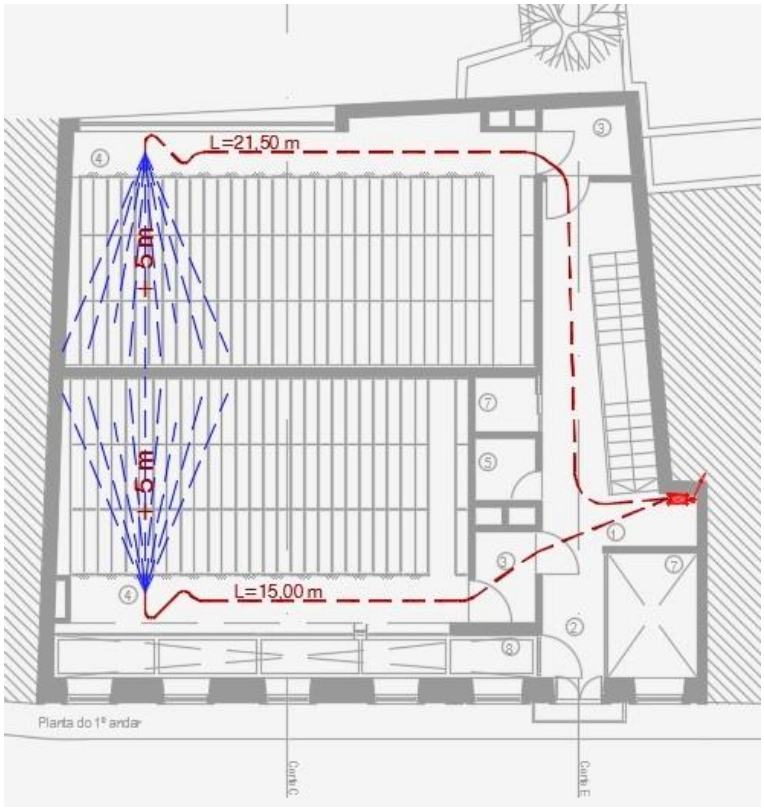


Figura 3.29 – Planta do 1.º andar com representação da RIA e posicionamento das BIATC.

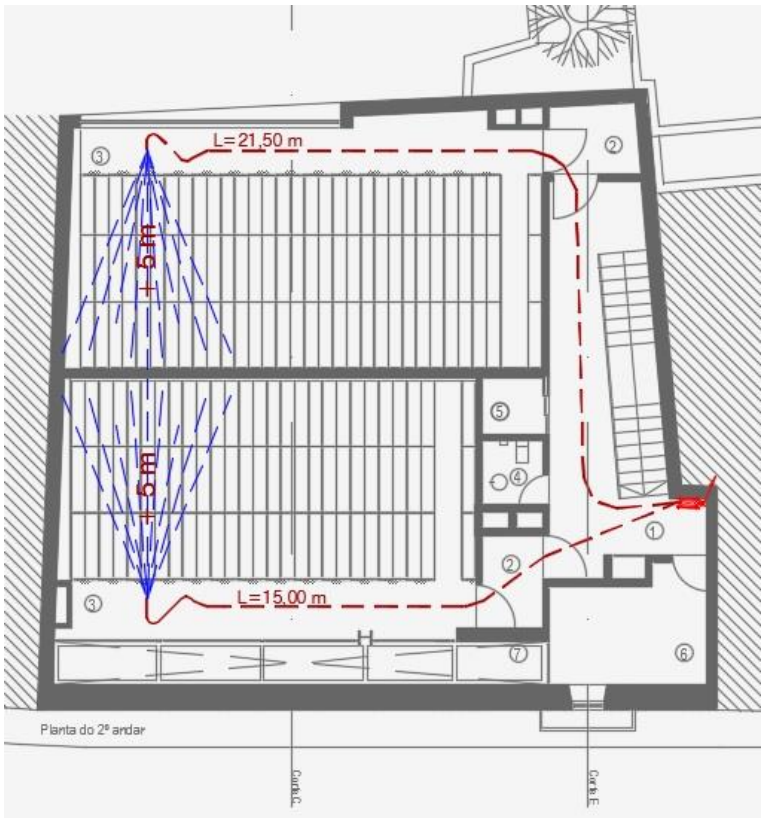


Figura 3.30 – Planta do 2.º andar com representação da RIA e posicionamento das BIATC.

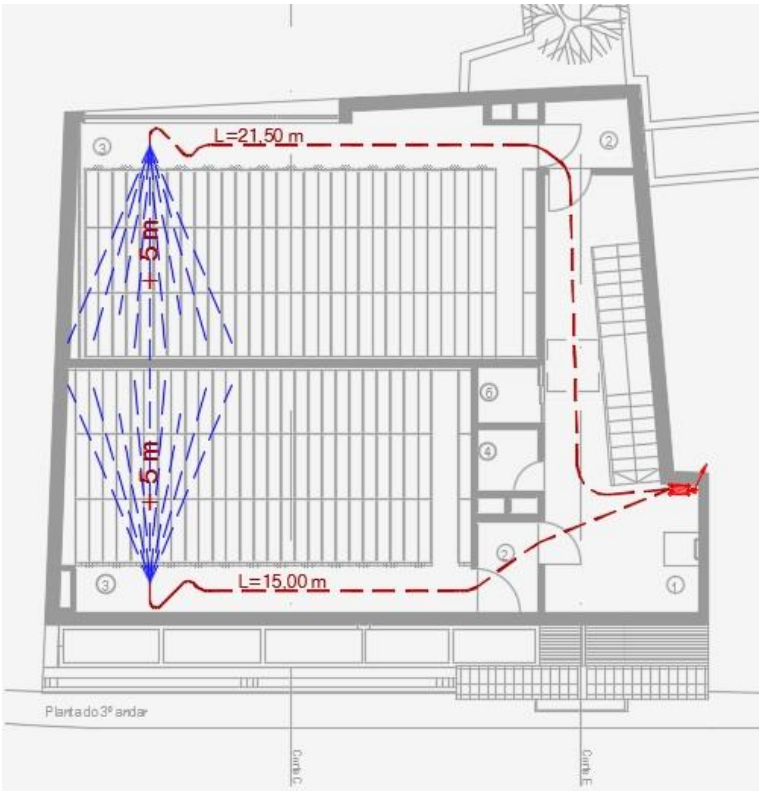


Figura 3.31 – Planta do 3.º andar com representação da RIA e posicionamento das BIATC.

3.5.4.3 Cálculo hidráulico da RIA

Chegando-se ao traçado final da rede, obtém-se o seu traçado isométrico, apresentado na Figura 3.32, que permite visualizar com mais facilidade todos os comprimentos e desníveis necessários ao dimensionamento.

No cálculo hidráulico da rede de 1.ª intervenção, consideraram-se os aspetos regulamentares e de projeto descritos no subcapítulo C.4, resumidamente, os seguintes:

- Uma pressão mínima de 250 kPa no carretel mais desfavorável;
- Um caudal de cálculo superior aos 1,5 L/s exigidos pelo RT-SCIE [78], determinado em função do coeficiente de descarga de um carretel fabricado em conformidade com a NP EN 671-1 [84], com o valor de 64, que, utilizando a fórmula do coeficiente de descarga, resulta num caudal de cálculo de 1,7 L/s, obtido por desenvolvimento da expressão (4.10):

$$Q = K \times \sqrt{10 \times P} = 64\sqrt{10 \times 0{,}250} = 101{,}19\ L/\min \approx 1{,}7\ L/s \quad (3.4)$$

onde:

Q — é o caudal em L/min;
K — é o coeficiente de descarga (l.min^{-1}. MPa$^{-1/2}$);
P — é a pressão em MPa.

- Um número máximo de carretéis em funcionamento simultâneo, igual ao menor valor entre quatro carretéis, ou, metade dos carretéis existentes a jusante do troço em análise;
- A determinação das perdas de carga contínuas através da fórmula de Flamant;

- A determinação das perdas de carga localizadas, através do método dos comprimentos equivalentes simplificado, considerando um acréscimo de 30% ao comprimento de cada troço de tubagem;
- As velocidades de escoamento determinam-se pela fórmula da continuidade, fixando os diâmetros, sendo estes alterados de forma a cumprir os limites permitidos para a velocidade (mínimo de 0,5 m/s e máximo de 6 m/s);
- Prossegue-se com o cálculo hidráulico, tramo a tramo, desde o carretel mais desfavorável, percorrendo o caminho mais crítico, até ao grupo de bombagem, de jusante para montante, relacionando a pressão a montante de um determinado troço, com a pressão a jusante do troço seguinte.

Os cálculos necessários para o dimensionamento da RIA foram efetuados com recurso a uma folha de cálculo auxiliar, sendo apresentada no anexo A.1.

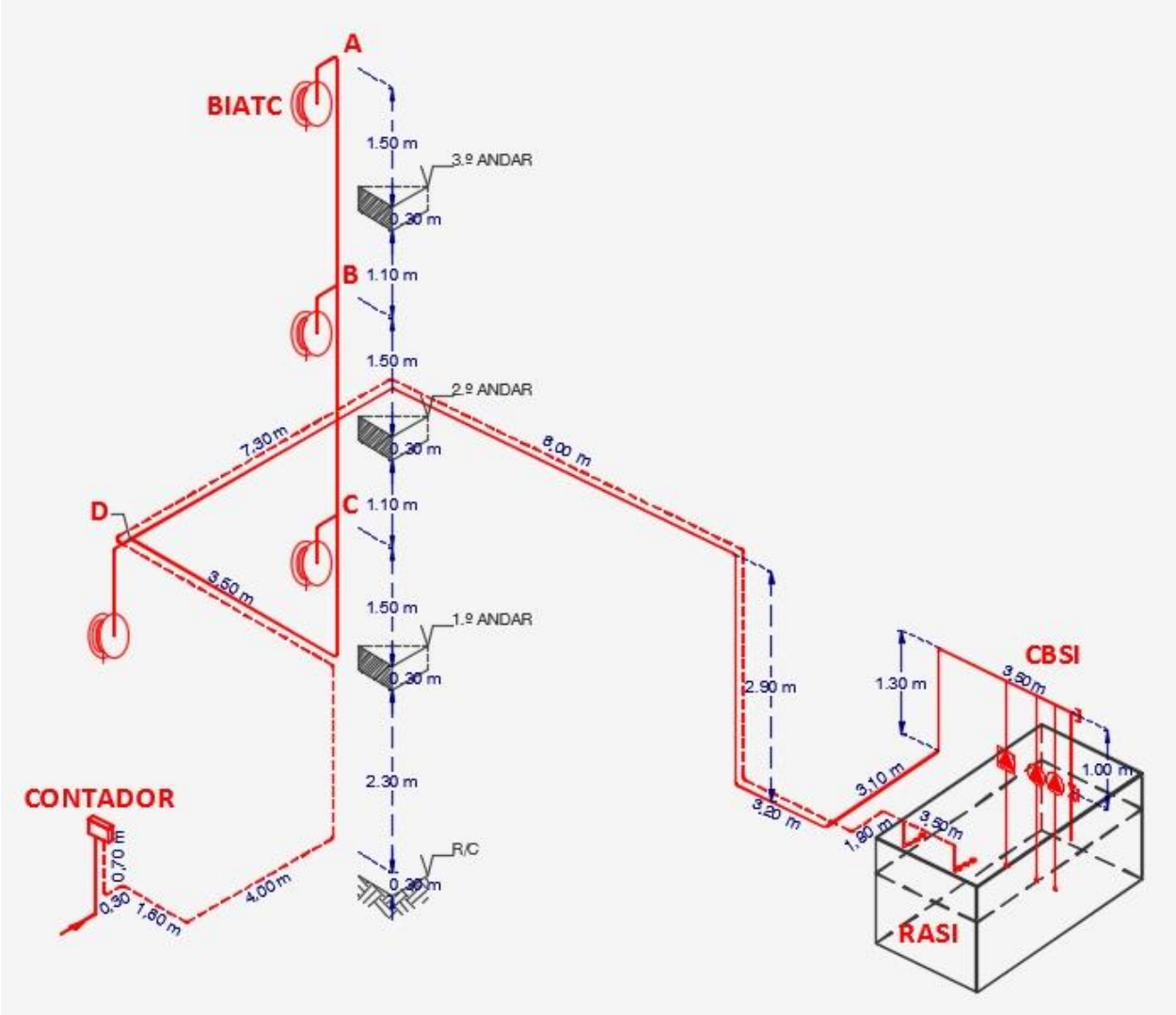


Figura 3.32 – Traçado isométrico da RIA.

3.5.4.4 Dimensionamento do reservatório de água privativo para serviço de incêndio (RASI)

Conforme referido atrás, o abastecimento da RIA terá de ser realizado através de fonte privativa para o serviço de incêndio, de forma a garantir o fornecimento de água em condições adequadas de pressão e caudal.

A determinação da capacidade do reservatório de água para o serviço de incêndio, foi feita numa folha de cálculo, que se apresenta no anexo A.5.1, tendo em conta o preconizado no RT-SCIE [78], garantindo água para a RIA de 1.ª intervenção, durante 60 minutos, resultando num volume útil final de 12,24 m^3, como se exemplifica também na expressão (4.14):

$$C = \frac{(Q_1 + Q_2 + QH + Q_C + Q_S)}{1000} \times T =$$

$$= \frac{(204{,}00 + 0 + 0 + 0 + 0)}{1000} \times 60 =$$

$$= 12240 \text{ L} \quad (3.5)$$

onde:
C — é a capacidade do reservatório (L);
Q_1 — é o caudal de alimentação das redes de 1ª intervenção em L/min;
Q_C — é o caudal de alimentação das redes de extinção automática, tipo cortina de água, em L/min;
Q_S — é o caudal de alimentação das redes de extinção automática, tipo sprinkler, em L/min;
T — é o tempo de autonomia do sistema, em minutos.

Após a determinação do volume útil de água a armazenar, definiram-se as dimensões mais adequadas ao espaço disponível no local de implantação, conforme se representa na Figura 3.33 (planta) e na Figura 3.34 (corte).

Para isso, consideraram-se os requisitos regulamentares e de projeto referidos no subcapítulo C.5, entre os quais, os que se destacam a seguir:

- Utilização de betão armado como material de construção;
- Condições de acessibilidade adequadas, de forma a facilitar as operações de manutenção necessárias;
- Condições de salubridade adequadas, garantindo a ventilação e impermeabilidade do reservatório;
- Compartimentação do reservatório em mais que uma célula, de acordo com a indicação do RT-SCIE [78] e do RMAADAR – AVEIRO [80], de forma a que uma das células esteja sempre operacional, mesmo durante as operações de manutenção.

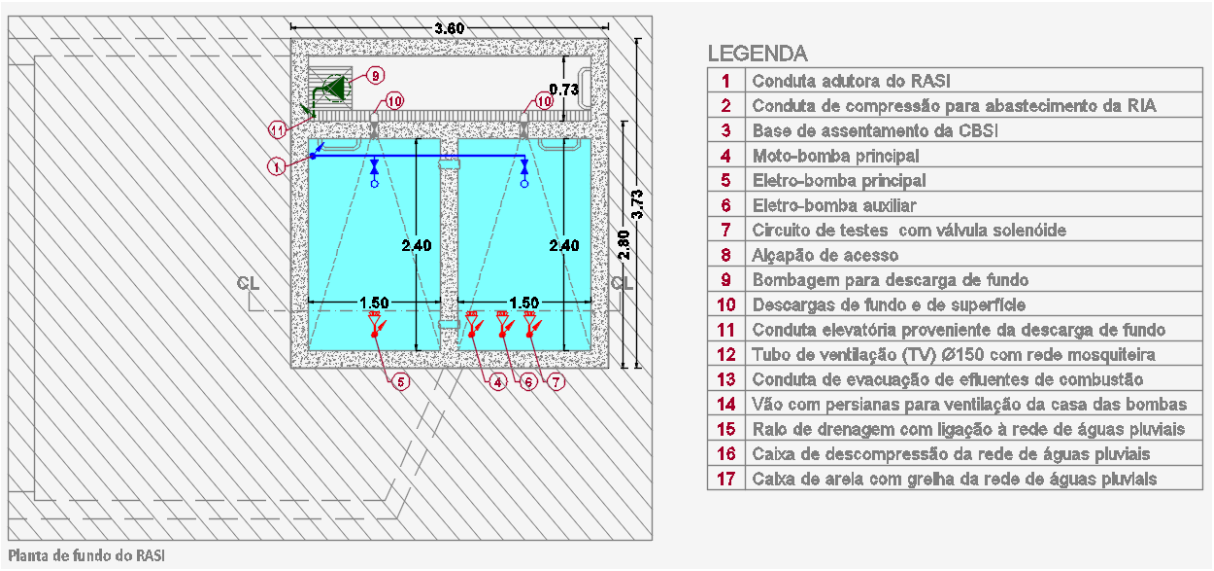


Figura 3.33 – Planta de fundo do RASI.

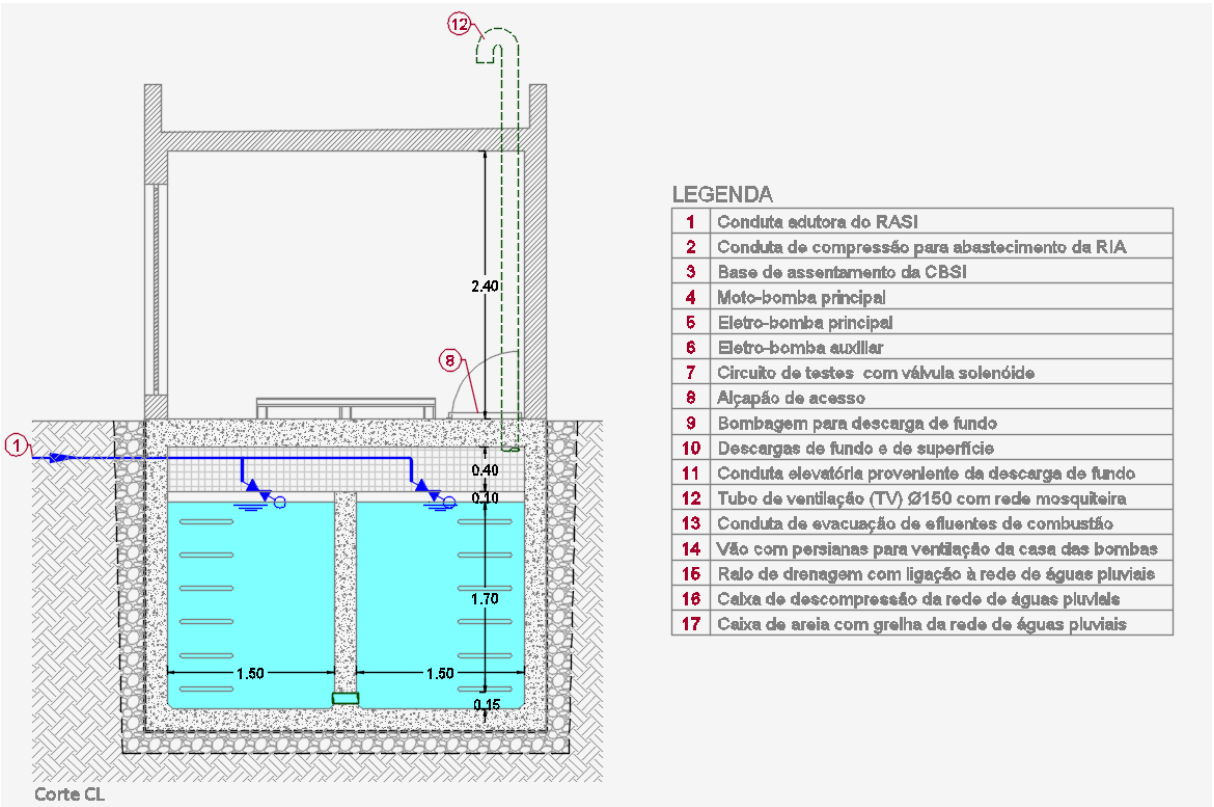


Figura 3.34 – Corte esquemático do RASI.

3.5.4.5 Dimensionamento da conduta adutora da RIA

A conduta adutora foi dimensionada, tendo em conta o requisito da NT 14 [85], ou seja, garantindo um tempo de reposição do nível máximo do RASI, inferior a 36 horas (adotou-se 8 horas), como se indica na folha de cálculo do anexo A.5.2 e, conforme se exemplifica na expressão (4.15), resultado da

aplicação da fórmula da continuidade, fixando uma velocidade aconselhável de 2 m/s e um caudal de adução que cumpra o tempo de reposição atrás referido:

$$\emptyset = \sqrt{\frac{4.Q}{U.\pi}} = \sqrt{\frac{4.\frac{V}{t_r}}{U.\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times \frac{12{,}24}{8 \times 60 \times 60}}{2{,}00 \times \pi}} \times 1000 = 16{,}45\text{mm} \rightarrow \text{DN20} \quad (3.6)$$

onde:
Ø – é o diâmetro interior teórico da conduta adutora (mm);
U – é a velocidade de escoamento da água (m/s), adotando-se o valor aconselhável de 2 m/s;
Q - é o caudal de adução (m^3), determinado para um tempo de reposição inferior a 36 horas;
V - é o volume do RASI (m^3);
t_r - é o tempo de reposição do RASI (s), tendo-se considerado um valor de 12 horas.

3.5.4.6 Dimensionamento do ramal de alimentação da RIA e de ligação à rede pública

Para o dimensionamento do ramal de ligação da rede pública ao contador, consideram-se os seguintes aspetos:

- Diâmetro mínimo de 25 mm, conforme preconizado no RMAADAR – AVEIRO [80];
- Material da tubagem em PVC, em conformidade com o material da conduta da rede pública de distribuição de água;
- Partilhar a alimentação tanto para a rede predial de fornecimento de água para consumo humano (cujo caudal de cálculo é de 0,74 l/s), como, para o abastecimento do reservatório da rede de combate a incêndios, no tempo de reposição atrás referido de 8 horas (donde resulta um caudal de adução de 0,43 l/s).

Utilizando(4.15) depois a fórmula da continuidade e, fixando uma velocidade aconselhável de 2 m/s, obtém-se o diâmetro a utilizar no ramal de alimentação, conforme se indica na folha de cálculo do anexo A.5.2 e, como se exemplifica na expressão (4.10):

$$\emptyset = \sqrt{\frac{4.Q}{U.\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times (0{,}74 + 0{,}43)}{2{,}00 \times \pi}} \times 1000 = 27{,}23\text{mm} \rightarrow \text{DN32} \quad (3.7)$$

onde:
Ø – é o diâmetro interior teórico da conduta adutora (mm);
U – é a velocidade de escoamento da água (m/s), adotando-se o valor aconselhável de 2 m/s;
Q - é o caudal de adução (m^3), determinado para um tempo de reposição inferior a 36 horas.

Representa-se na Figura 3.35, a configuração final da RIA, com indicação de todos os diâmetros, obtidos no seu dimensionamento hidráulico.

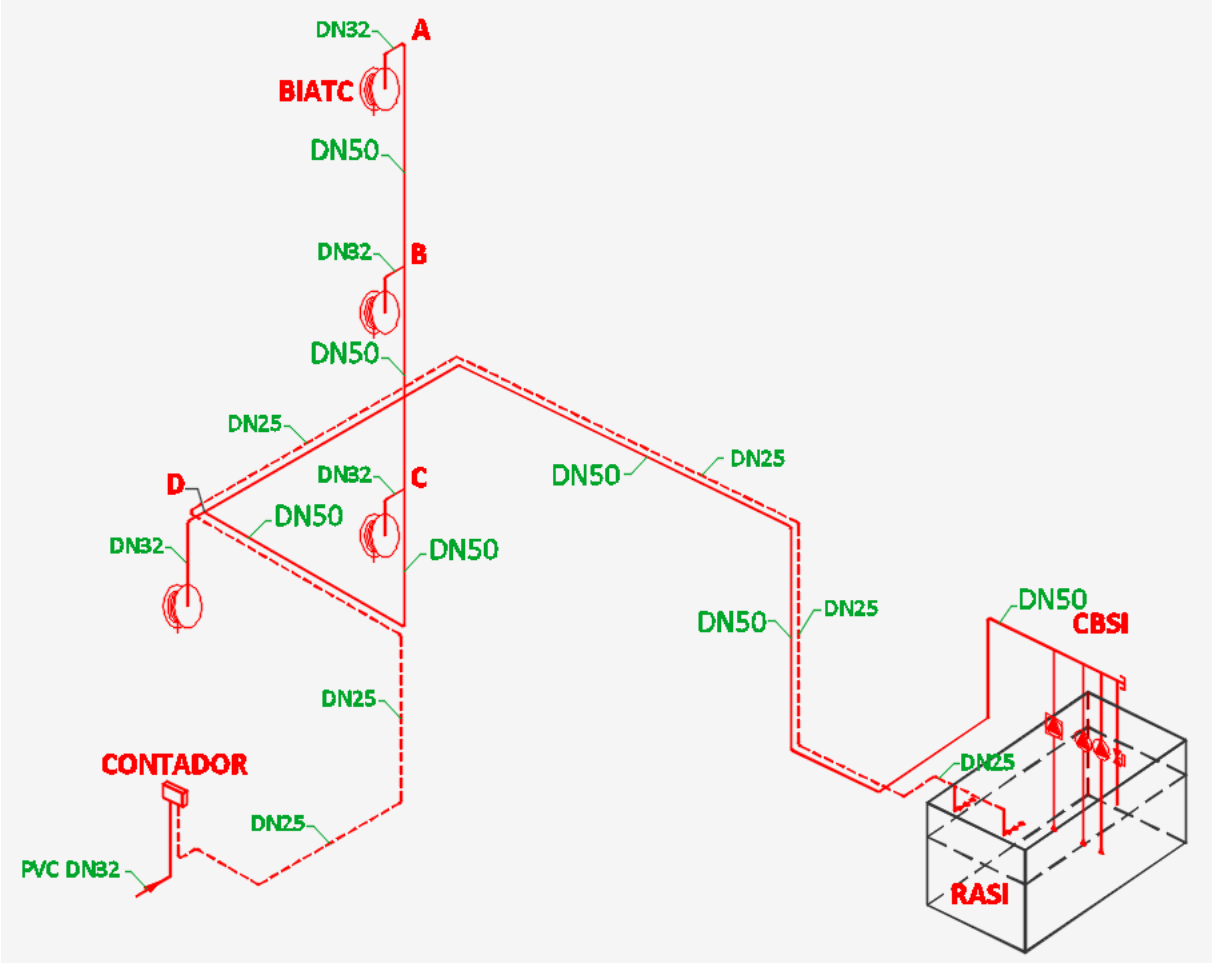


Figura 3.35 – Traçado isométrico da RIA com diâmetros.

3.5.4.7 Dimensionamento da central de bombagem para serviço de incêndio (CBSI)

Preconizou-se uma central de bombagem para serviço de incêndio (CBSI) composta por duas bombas principais, a funcionar em reserva ou em ajuda mútua, arrancando a segunda em caso de falha ou de caudal insuficiente da primeira, cumprindo os requisitos da norma europeia EN 12845 [16], dos quais se destacam os seguintes:

- Fonte de energia para alimentação alternativa da CBSI, considerando-se uma bomba principal elétrica (alimentada pela rede elétrica pública) e uma motobomba de reserva (alimentada pela rede elétrica pública e por depósito de combustível);
- Quanto ao tipo de aspiração das bombas, sendo o RASI enterrado, considerou-se que as bombas funcionarão em aspiração negativa;
- Respeitou-se o limite máximo de velocidade a 1,5 m/s, para situações de aspiração negativa e o diâmetro mínimo DN 80 mm para as condutas de aspiração (independentes para cada bomba), resultando numa altura de aspiração de 3,43 mca, conforme apresentado na folha de cálculo apresentada no anexo A.6.1;
- Na verificação da altura máxima das condutas de aspiração, considerou-se uma margem de segurança de 1 mca entre o $NPSH_{,disp}$ e o $NPSH_{,req}$.

Somando à altura de aspiração, a altura de compressão, chegou-se à altura manométrica total exigida à CBSI e, com o caudal de cálculo e admitindo um rendimento da bomba de 70%, determinou-se a potência máxima exigida para a CBSI, cujos valores se apresentam no Quadro 4.12.

Quadro 3.6 – Valores de caudal e pressão mais desfavoráveis para dimensionamento da CBSI.

Situação de abastecimento	Hc (m.c.a)	Ha (m.c.a)	$H_{, nom} = H_a + H_c$ (m.c.a)	$Q_{, nom}$ (l/s)
RIA de 1.ª intervenção	38,26	3,43	41,69	3,40

A determinação da potência da CBSI, faz-se na folha de cálculo apresentada no anexo A.6.1, para o ponto de funcionamento nominal, bem como para o ponto de funcionamento em sobrecarga, de acordo com o preconizado na EN 12845 [16], assegurando que a bomba funciona com um acréscimo de pressão de 40% e com um caudal não inferior a 70% do caudal nominal.

Exemplifica-se na expressão (4.13), a determinação da potência máxima da bomba no ponto de funcionamento nominal:

$$P_u = \frac{\gamma \times Q \times H_m}{\eta_B} = \frac{9{,}81 \times \frac{3{,}40}{1000} \times 41{,}69}{0{,}70} = 7{,}43\ kW \tag{3.8}$$

onde:
P_u *— é a potência da bomba (kW);*
Υ *— é o peso específico da água (KN/m^3);*
Q *— é o caudal a elevar (m^3/s);*
H_m *— é a altura manométrica (m);*
η_B *— é o rendimento da bomba (adimensional).*

Consultou-se o fabricante EFAFLU, que apresentou uma solução para pressurização da água para o serviço de incêndio, nas condições atrás referidas e de acordo com os requisitos da EN 12845 [16], fornecendo as curvas de funcionamento, que se apresentam no anexo A.6.2 e, de forma resumida, na Figura 3.36.

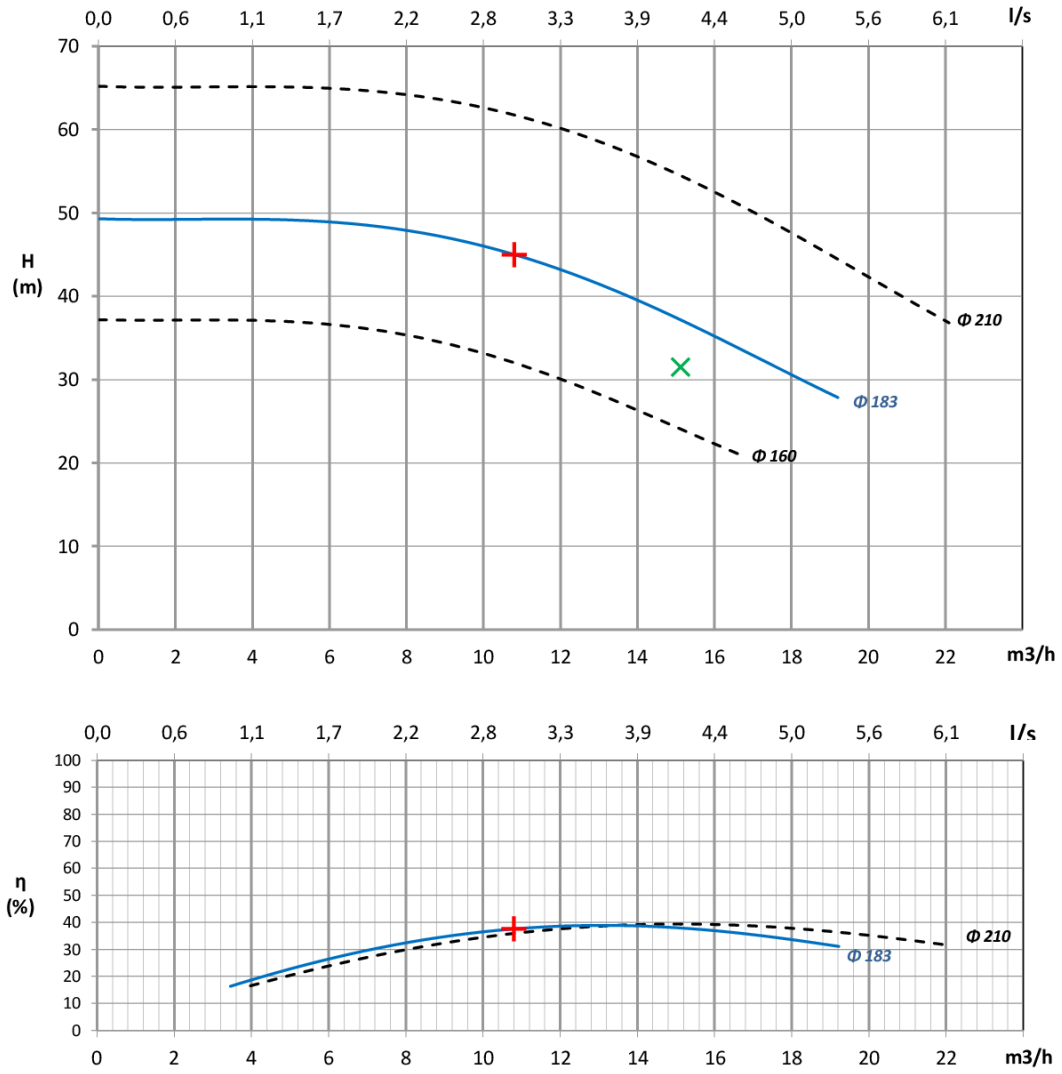


Figura 3.36 – Curva de funcionamento da CBSI para pressurização da RIA.

A CBSI proposta pelo fabricante EFAFLU, modelo STOPFIRE EN EDJ 10/45, é constituída pelos seguintes componentes principais:

- 1 grupo eletrobomba principal, modelo NNJ 32-200 (5,5 kW);
- 1 grupo motobomba de reserva, modelo NNJ 32-200 (5,5 kW), com depósito de combustível com autonomia para 6 horas e tubo de escape acoplados;
- 1 grupo eletrobomba auxiliar, modelo BMV 2-7 (0,75 kW);
- 1 coletor de compressão;
- 1 coletor de provas;
- 1 depósito de ferragem automática das bombas, com volume de 500 L;
- 1 reservatório de pressão;
- 1 quadro elétrico comum aos grupos eletrobomba auxiliar e principal;
- 1 quadro elétrico para o grupo eletrobomba principal;
- 1 quadro elétrico para o grupo motobomba de reserva.

A potência da bomba jockey, cuja função é a manutenção da pressão na rede, foi considerada de acordo com as recomendações do fabricante.

Quanto à localização e acondicionamento da CBSI (Figura 3.37 e Figura 3.38), consideraram-se os requisitos regulamentares e de projeto do RT-SCIE [78] e da norma europeia EN 12845 [16], referidos no anexo C.6, dos quais se destacam os seguintes:

- Ficar localizada o mais próximo possível do RASI e de forma a que o seu eixo fique instalado a uma altura máxima de 3,20 m do nível mínimo da água;
- Ficar albergada numa casa de máquinas, exclusivamente utilizada para o efeito e que garanta boas condições de acessibilidade a inspeção, manutenção ou reparação, bem como condições adequadas de ventilação, temperatura e humidade;
- Sendo que o RT-SCIE [78]classifica os compartimentos destinados a albergar as CBSI como sendo locais de risco F, a casa das máquinas deverá ser protegida em conformidade, nomeadamente, dotando a estrutura com resistência R 90 e os elementos de compartimentação com resistência REI 90 e afastando os vãos dos edifícios vizinhos, numa distância mínima de 1,50 m, ou, dotando-os de resistência EI 60.

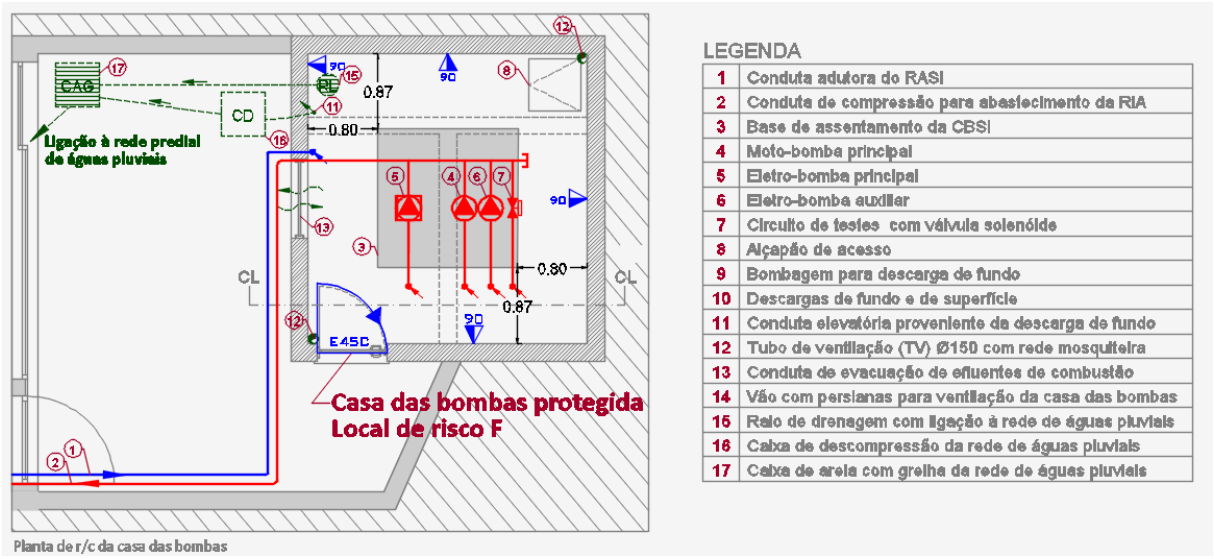


Figura 3.37 – Planta esquemática da casa das bombas de incêndio.

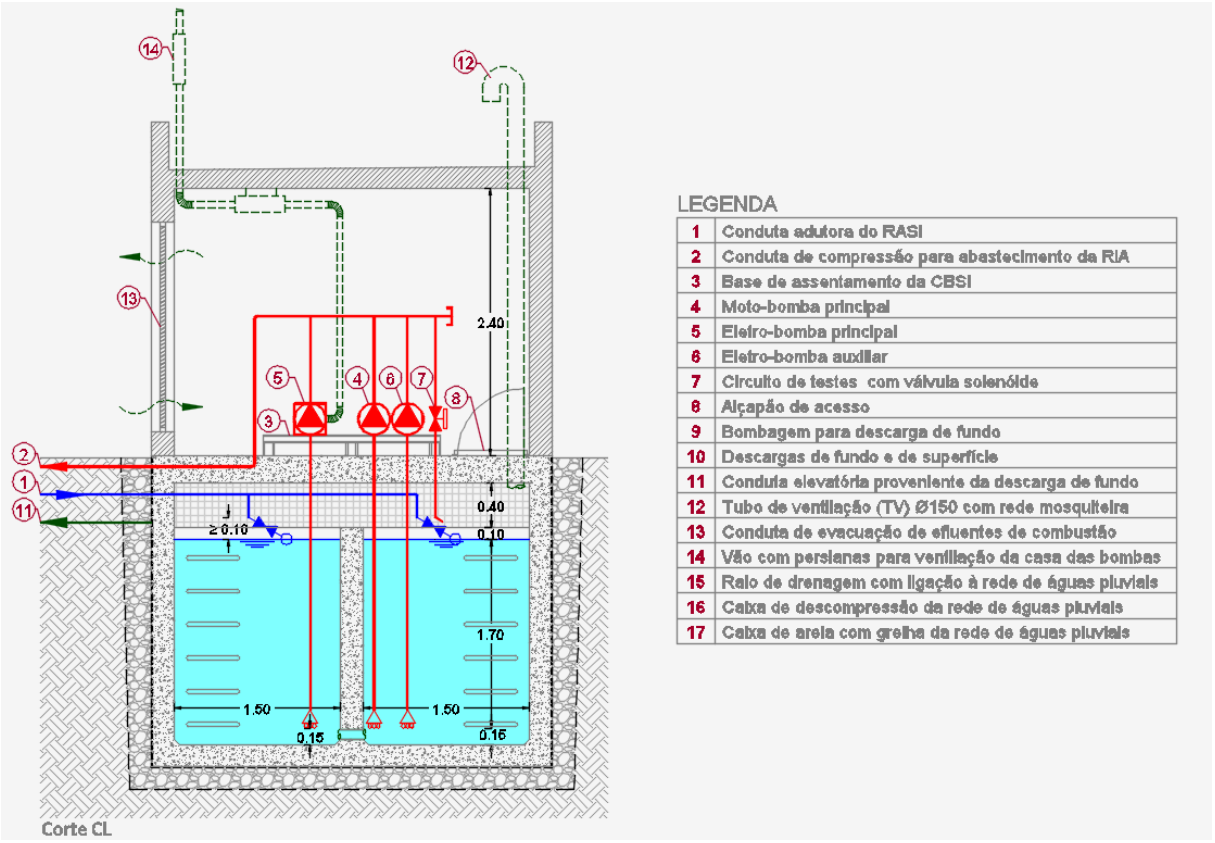


Figura 3.38 – Corte esquemático da casa das bombas de incêndio.

4

SAEI – APLICAÇÕES NO CASO DE ESTUDO

4.1 ENQUADRAMENTO DA UTILIZAÇÃO DE SAEI DE ACORDO COM O RT-SCIE

O RT-SCIE [78] permite no seu artigo 172, que sejam utilizados nos SAEI agentes extintor à base de água, produtos espumíferos, pó químico, dióxido de carbono ou outros gases, desde que homologados e adequados à classe de fogo a que se destinam.

O RT-SCIE [78] preconiza no seu artigo 175, a utilização de SAEI por agente extintor eventualmente diferente de água, em situações onde tal se justifique, em função da classe de fogo e do risco envolvido.

Tendo em conta as características e a utilização do edifício em causa, o RT-SCIE [78], no seu artigo 173, exige a utilização de SAEI nas seguintes situações:

- locais em que é pretendido aumentar a área de compartimentação corta-fogo;
- locais considerados de difícil acesso e elevada carga de incêndio;
- como medida compensatória, nos locais existentes em que não seja possível cumprir integralmente as medidas de segurança passiva estipuladas no RT-SCIE [78].

O RT-SCIE [78] estabelece ainda no seu artigo 298, quanto às condições particulares relativas à UT XI (bibliotecas e arquivos), que os locais onde sejam arquivados ou sujeitos a operações de conservação e restauro documentos de manifesto interesse para o património histórico e cultural, sejam dotados de proteção adicional, através de um SAEI por agente extintor adequado à preservação dos bens arquivados.

Constata-se assim que é necessário a instalação de um SAEI no edifício em estudo, pois, está-se perante uma das situações enunciadas no artigo 173 do RT-SCIE [78], designadamente, nos compartimentos destinados a arquivo, onde as cargas de incêndio são na ordem de 17.136 MJ/m^2, em que, tomando os valores indicados por Carlos e Abrantes [2] apresentados no Quadro 2.1, corresponde a uma carga de incêndio elevada.

4.2 SELEÇÃO DO AGENTE EXTINTOR A UTILIZAR NO SAEI

Sendo certo que é necessário instalar um SAEI para a proteção dos compartimentos destinados a arquivo, surge a dúvida sobre qual agente extintor utilizar.

A análise da adequabilidade do agente extintor a utilizar no SAEI, exige que se tenha em consideração vários parâmetros em simultâneo, muitos dos quais, já abordados nos capítulos anteriores, destacando-se os seguintes:

- efeitos nocivos para os ocupantes;
- efeitos nocivos para o meio ambiente;

- eficácia dos mecanismos de extinção aos riscos existentes nos compartimentos;
- forma de armazenamento e distribuição;
- efeitos da descarga na integridade dos compartimentos;
- efeitos da descarga nos bens existentes dentro dos compartimentos;
- custos de instalação e manutenção.

No que respeita ao impacto ambiental dos agentes extintores, a água e os gases inertes são os que apresentam o melhor desempenho.

Quanto à toxicidade para a saúde das pessoas, sendo os arquivos em causa, locais normalmente ocupados, levam à exclusão direta do CO_2, à utilização com restrições de gases inertes e químicos, sendo a água uma solução completamente segura neste aspeto.

Já quanto à segurança na utilização em equipamentos sob corrente elétrica, a água só é segura quando projetada na forma nebulizada, sendo qualquer um dos agentes extintores gasosos boas soluções neste ponto.

Quanto ao espaço necessário para armazenar o agente extintor, os gases armazenados no estado líquido apresentam menos impacto (sendo comprimidos para serem armazenados no estado líquido, ocupam menos espaço que gases armazenados no estado gasoso), bem como as soluções de água nebulizada.

Sobre a adequabilidade para fazer face a fogos da classe A (materiais combustíveis sólidos), todos os agentes extintores são indicados, sendo que, se houverem reacendimentos, as soluções com água ou com agentes químicos (que têm capacidades de arrefecimento) são mais adequadas.

Quanto aos danos nos materiais existentes no interior dos locais a proteger, importa considerar os eventuais danos nos documentos em papel arquivados, pelo que as soluções com agentes extintores gasosos são a melhor solução.

Um SAEI por água nebulizada pode ser uma solução interessante a considerar neste aspeto, tendo em conta a descrição de Ruediger Koop [86], sobre os testes realizados pelo Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), onde foi simulada a proteção com um SAEI por água nebulizada a alta pressão, em compartimentos do tipo arquivos e bibliotecas, com prateleiras do género das utilizadas no caso de estudo, tendo-se verificado o controlo e a extinção do incêndio em menos de 30 minutos e um controlo da temperatura a valores abaixo de 50ºC. Quanto a estragos, verificou-se que não ocorreu alastramento do fogo às prateleiras adjacentes e que os livros ficaram húmidos à superfície, mas secos por dentro.

Contudo, também neste aspeto, sendo que a importância dos bens arquivados, diz respeito a uma avaliação de risco da responsabilidade última do proprietário, considera-se justificável também, considerar uma solução por água pulverizada (sprinklers) que, eventualmente, apenas provocará danos na área de descarga do aspersor mais próximo do foco do incêndio.

Um outro aspeto importante é a disposição dos armários de arquivo dos documentos, deste caso específico, como apresentado na Figura 4.1, que pode ajudar a "esconder" o material combustível, dificultando o acesso dos agentes extintores à base de água ao foco de um incêndio. Neste aspeto, os gases extintores são os mais indicados, uma vez que se misturam facilmente no ar de todo o compartimento onde são descarregados. As soluções à base de água terão neste caso, um efeito mais no sentido do controlo de incêndio, do que da extinção de incêndio.



Figura 4.1 – Disposição dos armários nos compartimentos de arquivo do edifício em estudo.

Pode-se assim verificar que, embora alguns dos parâmetros são de decisão imediata, como sejam os relativos aos efeitos nocivos para os ocupantes ou para o meio ambiente, noutros, existem relações complexas entre eles, muitas vezes antagónicas, como por exemplo, o custo de cada tipo de SAEI e propensão do tipo de agente extintor para provocar danos nos documentos em papel, pelo que terão de ser analisados por comparação, estudando-se a utilização de diferentes tipos de agentes extintores no SAEI do edifício em estudo.

Como foi atrás referido, é da responsabilidade última do proprietário, avaliar se é aceitável ou não, que a ativação do SAEI possa provocar danos em alguns dos documentos arquivados, pois é o proprietário que pode avaliar a importância dos seus bens arquivados.

Assim, a decisão por um único agente extintor, não será da competência deste trabalho, procurando-se por outro lado, indicar os agentes extintores que possam dar as melhores respostas ao conjunto de critérios e apresentar um conjunto de dados técnico-económicos, que permitam auxiliar a decisão final do proprietário.

Apresentam-se no Quadro 4.1 as principais caraterísticas que poderão influenciar na escolha do SAEI a utilizar no caso de estudo.

Quadro 4.1 – Resumo das caraterísticas de SAEI a ponderar utilizar do caso de estudo.

Caraterísticas de agentes extintores a utilizar no SAEI	**Água**		**Gases**			
	Pulverizada	**Nebulizada**	**CO_2**	**Inertes**	**Químicos**	
					HFC227ea (FM 200)	**Fk-5-1-12 (NOVEC 1230)**
Efeitos adversos para as pessoas						
Letal na concentração de extinção	Não	Não	Sim	Não	Não	Não
Toxicidade nas concentrações de extinção	Nenhuma	Nenhuma	Muito alta	Segura	Segura	Muito segura
Condutor de corrente elétrica	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
Impacto ambiental						
ODP	0	0	0	0	0	0
GWP	0	0	1	0	3500	1
ALT (anos)	_	_	_	_	29	0,014
Efeitos adversos para os materiais						
Choque térmico nos envidraçados corta-fogo	Não	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Sobrepressões nos compartimentos	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Danos nos documentos de papel arquivados	Sim	Poucos	Não	Não	Não	Não
Adequabilidade do agente extintor						
Extinção de fogos da classe A	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Extinção de fogos com propensão para desenvolvimento profundo, protegido por armários, que exigem que o agente extintor se espalhe facilmente pelos espaços vazios	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Controlo do incêndio por arrefecimento	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Volume de armazenagem	+	-	-	+	-	-
Custos						
Agente extintor	-	-	-	+	+	+
Instalação	-	+	+	-	-	-

Assim sendo, irão estudar-se nos capítulos seguintes, diferentes tipos de sistemas automáticos de extinção de incêndio, nomeadamente, os seguintes, que se julgam serem os mais adequados para o caso em estudo:

- SAEI por agente químico;
- SAEI por gás inerte;
- SAEI por água pulverizada (sprinklers);
- SAEI por água nebulizada (watermist).

4.3 ESTUDO DE UM SAEI POR AGENTE QUÍMICO

Dos agentes químicos analisados atrás, opta-se pela utilização do FK-1-5-12, designado comercialmente por NOVEC 1230, em primeiro lugar, por apresentar uma considerável margem de segurança para a vida dos ocupantes dos locais de risco, sendo que este aspeto tem particular importância neste caso em estudo, uma vez que os arquivos têm propensão para sofrerem variações do volume de materiais armazenados, ao longo do tempo de vida do edifício, podendo conduzir a variações da concentração de agente extintor, relativamente à concentração considerada no projeto.

Em segundo lugar, optou-se pela utilização de NOVEC 1230, devido ao seu baixo impacto ambiental, quando comparado com todos os outros agentes químicos estudados.

Quanto à cobertura do SAEI no edifício, é necessário optar entre um sistema modular por compartimento, modular por piso ou centralizado para todo o edifício.

Neste aspeto considera-se as indicações da NP EN 15004-1 [53], que refere que os recipientes de agente extintor devem ficar localizados o mais próximo possível dos compartimentos que protegem, mas, preferencialmente, fora dos compartimentos.

Também devido ao NOVEC 1230 ser um agente extintor armazenado em estado líquido, em que o tempo de descarga deve ser o menor possível, será adequado optar por configurações com traçados de tubagem não muito extensos, dando preferência aos sistemas modulares por compartimento, ou por piso, a menos que não existam espaços técnicos suficientes para albergar os cilindros de armazenagem dentro do edifício.

Posto isto, é necessário determinar a quantidade de agente extintor, necessária para cada compartimento, através da expressão (4.1).

$$m = \frac{V}{S} \times \frac{C}{100 - C} \quad (kg) \tag{4.1}$$

Onde:
m — é a quantidade requerida de agente extintor, em kg;
V – é o volume do compartimento a proteger, subtraído do volume de todos os elementos fixos e estruturas existentes do interior do compartimento, impermeáveis ao agente extintor a ser descarregado, em m^3;
S — é o volume específico de vapor sobreaquecido do agente extintor, à pressão de 1,013 bar, em m^3/kg, dado por $S = 0{,}0664 + 0{,}000274 \times T$;
C – é a concentração de projeto, em percentagem do volume;
T — é a temperatura de projeto do local de risco, em °C.

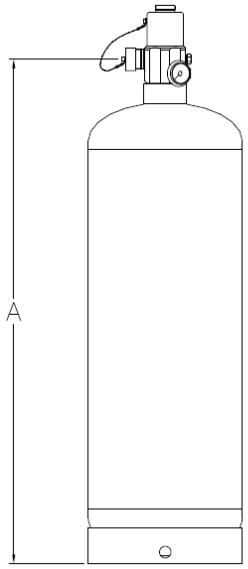
Não foi necessário aplicar qualquer fator de correção da quantidade de agente extintor, devida à altitude do local, uma vez que o edifício em estudo se encontra sensivelmente à cota do mar, ou seja, não se verificam variações de pressão no compartimento em relação à pressão padrão ao nível do mar (1,013 bar absoluta).

Considerando uma concentração de projeto referente a materiais combustíveis que originam fogos da classe $A_{superficial}$, no valor de 5,3 %, conforme a NP EN 15004-1 [53], determina-se o número de cilindros necessários para proteger cada compartimento, conforme se apresenta no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 – Determinação da quantidade e da concentração efetiva de agente extintor NOVEC 1230.

Piso	Compartimento	Área total útil (m^2)	Pé direito (m)	Volume (m^3)	Classe fogo	C projeto (%)	m teórica (kg)	Capacidade cilindro (L)	Densidade de enchimento (kg/L)	m efetiva (kg)	C efetiva (%)
3º A	Arquivo maior	61,50	2,60	**159,90**	A_{sup}	**5,3**	124,50	106,00	1,175	124,55	**5,30**
3º A	Arquivo menor	55,70	2,60	**144,82**	A_{sup}	**5,3**	112,76	106,00	1,179	124,97	**5,84**
2º A	Arquivo maior	61,00	2,60	**158,60**	A_{sup}	**5,3**	123,49	106,00	1,175	124,55	**5,34**
2º A	Arquivo menor	55,50	2,60	**144,30**	A_{sup}	**5,3**	112,35	106,00	1,175	124,55	**5,84**
1º A	Arquivo maior	61,00	2,60	**158,60**	A_{sup}	**5,3**	123,49	106,00	1,175	124,55	**5,34**
1º A	Arquivo menor	55,50	2,60	**144,30**	A_{sup}	**5,3**	112,35	106,00	1,175	124,55	**5,84**
R/C	Arquivo maior	60,00	2,60	**156,00**	A_{sup}	**5,3**	121,46	106,00	1,175	124,55	**5,43**
R/C	Arquivo menor	38,90	2,60	**101,14**	A_{sup}	**5,3**	78,75	106,00	1,075	113,95	**7,49**

Constata-se assim, que é possível proteger cada compartimento com um único cilindro de 106 l de NOVEC 1230, como se pode verificar na Figura 4.2.



Capacidade cilindro (L)	Diâmetro (mm)	B - Altura nominal até válvula descarga (mm)	Peso de tara (kg)	Peso mínimo NOVEC 1230 (kg)	Peso máximo NOVEC 1230 (kg)	Peso bruto máximo (kg)
8	254	305	19,2	4	9,5	28,7
16	254	504	25,2	8	19	44,2
32	254	836	29,3	16	38	67,3
52	406	595	70,5	26	62	132,5
106	406	1022	90,6	53	127	217,6
147	406	1356	110,6	73,5	176	286,6
180	406	1635	122,7	90	208	330,7

Figura 4.2 – Caraterísticas dos cilindros de agente extintor NOVEC 1230. Adaptado de: [87].

Importa agora decidir se a quantidade de agente extintor do SAEIG dará cobertura total, a todos os compartimentos em simultâneo, ou apenas cobrirá o maior risco isolado, conforme preconizado no ponto 6.2.1.2 da NP EN 15004-1 [53].

Tendo em conta a compartimentação corta-fogo feita no edifício, considera-se muito pouco provável que deflagre um incêndio em mais do que um compartimento em simultâneo e, também se considera pouco provável, que um incêndio iniciado num dos compartimentos se alastre a qualquer outro.

Uma opção razoável neste caso, será considerar um sistema modular por piso, com uma quantidade de agente extintor suficiente para o maior dos compartimentos, com possibilidade de ser direcionado para um dos dois arquivos a proteger em cada piso, através da instalação de válvulas direcionais.

Relativamente ao número de difusores e seu posicionamento nos compartimentos teve-se em consideração as recomendações do fabricante [88], nomeadamente:

- disposição preferencialmente centrada e simétrica ao longo dos compartimentos, para promover uma descarga mais homogénea;
- área de cobertura máxima por difusor, de 10,9 m x 10,9 m, ou seja, 118,8 m^2[89][90][89][88][120];
- afastamento mínimo de cerca de 1,5 m a paredes e elementos fixos como pilares, etc., de forma a permitir a vaporização do agente extintor;
- altura máxima de 4,87 m e mínima de 0,30 m ao teto, para que a distribuição do agente extintor seja eficaz.

O dimensionamento das redes, foi feito com recurso ao software TFS & BP Sapphire™ Designer Software, por parte da empresa P2i, tomando as seguintes considerações:

- uma temperatura ambiente de 20 °C nos locais de risco;
- pressão de 25 bar, nos nós das redes referentes aos cilindros de armazenamento;
- um tempo de descarga máximo de 10s;
- uma pressão mínima de 5 bar nos difusores.

Os relatórios de cálculo dos SAEI por agente químico NOVEC 1230 para cada piso, apresentam-se no anexo A.2, alertando-se para o facto de as áreas consideradas nas folhas de cálculo diferirem ligeiramente das áreas da última versão da arquitetura, diferença esta que se considera desprezável para o efeito deste estudo.

A configuração dos SAEI por agente químico NOVEC 1230, em cada piso do edifício, apresenta-se de seguida, na Figura 4.4 (planta r/c), Figura 4.5 (planta 1.º andar), Figura 4.6 (planta 2.º andar) e Figura 4.6 (planta do 3.º andar).

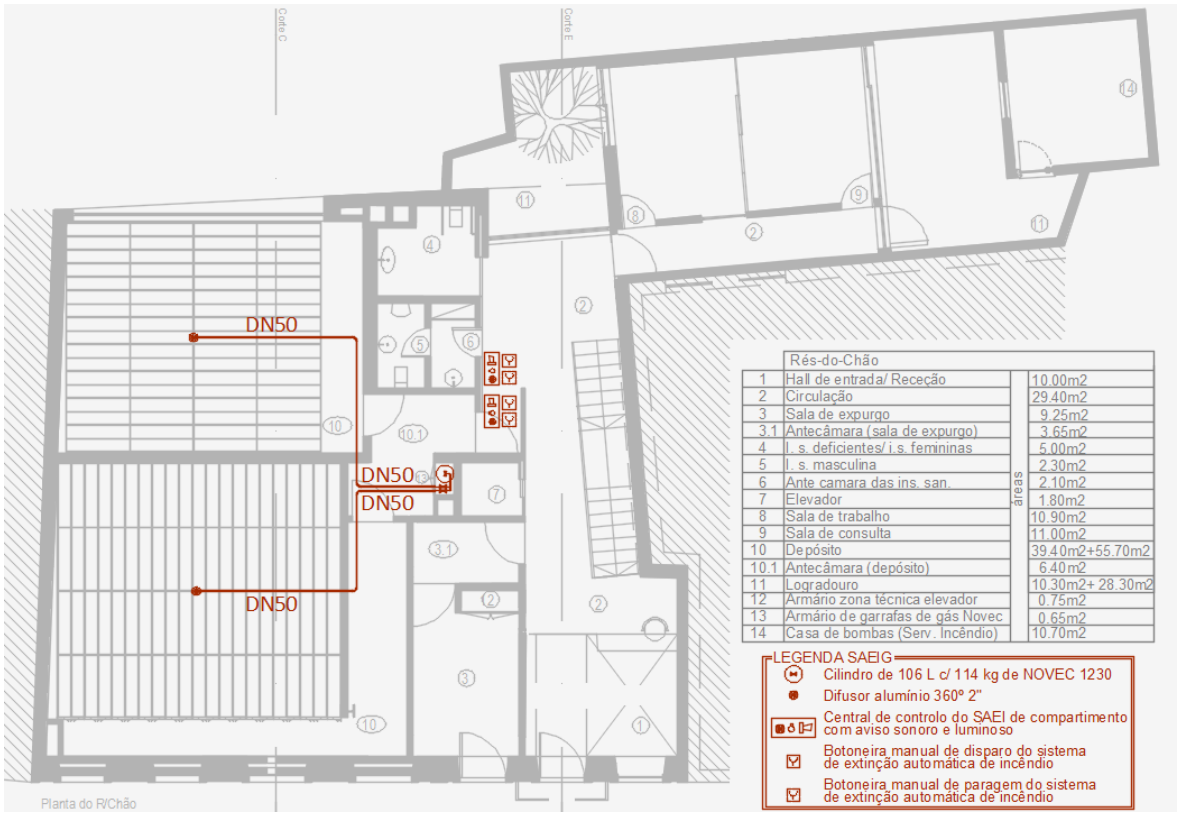


Figura 4.3 – Planta do R/C com representação do SAEI por NOVEC 1230.

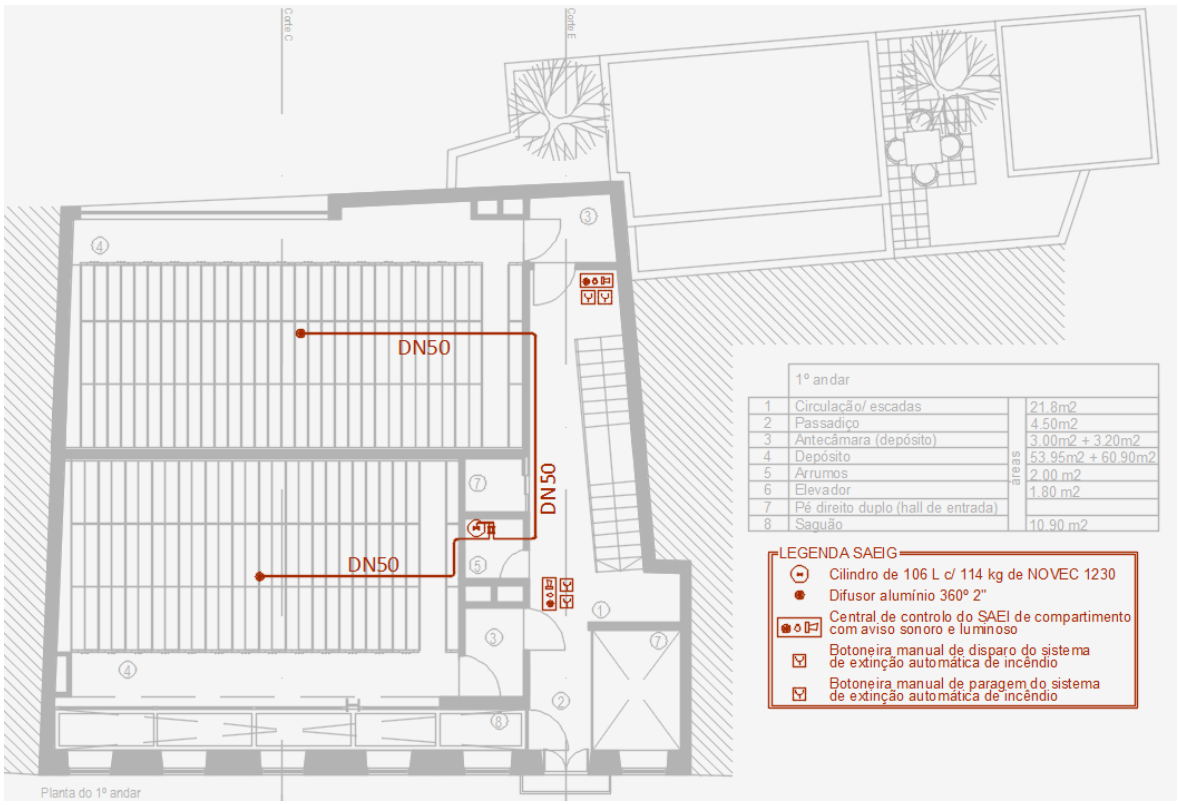


Figura 4.4 – Planta do 1.º andar com representação do SAEI por NOVEC 1230.

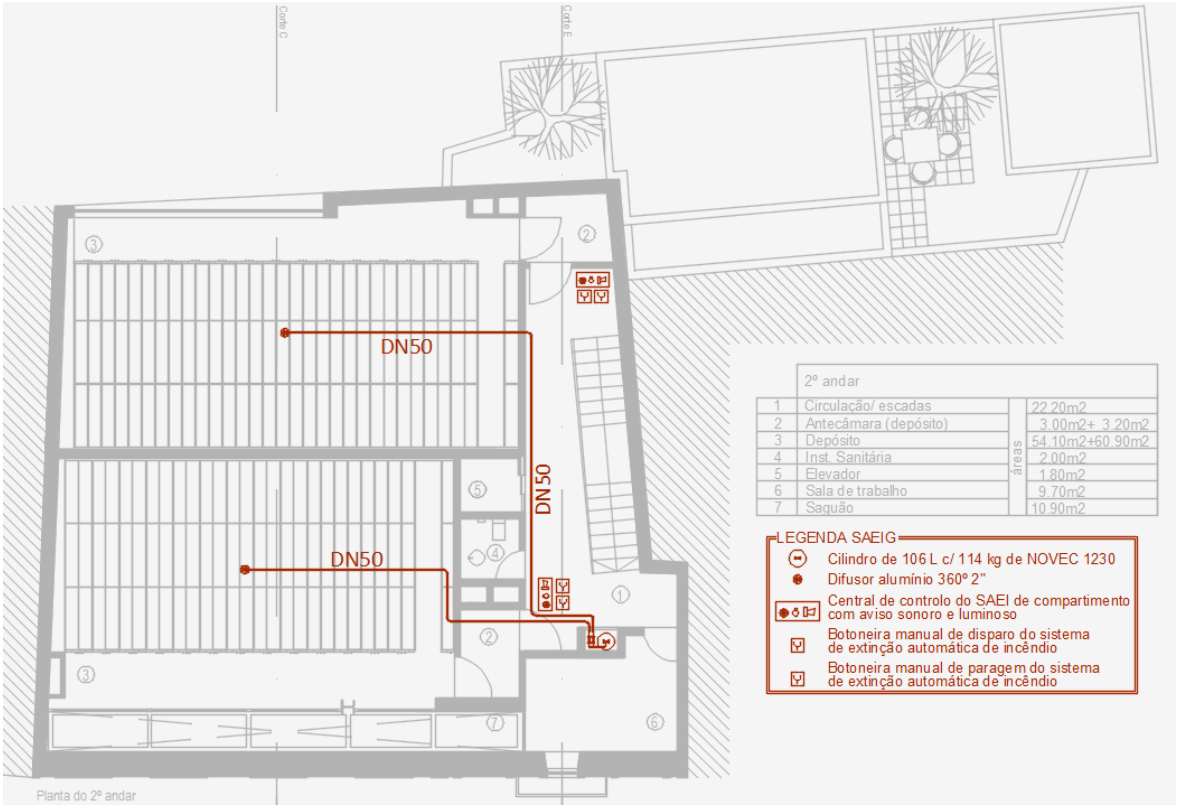


Figura 4.5 – Planta do 2.º andar com representação do SAEI por NOVEC 1230.

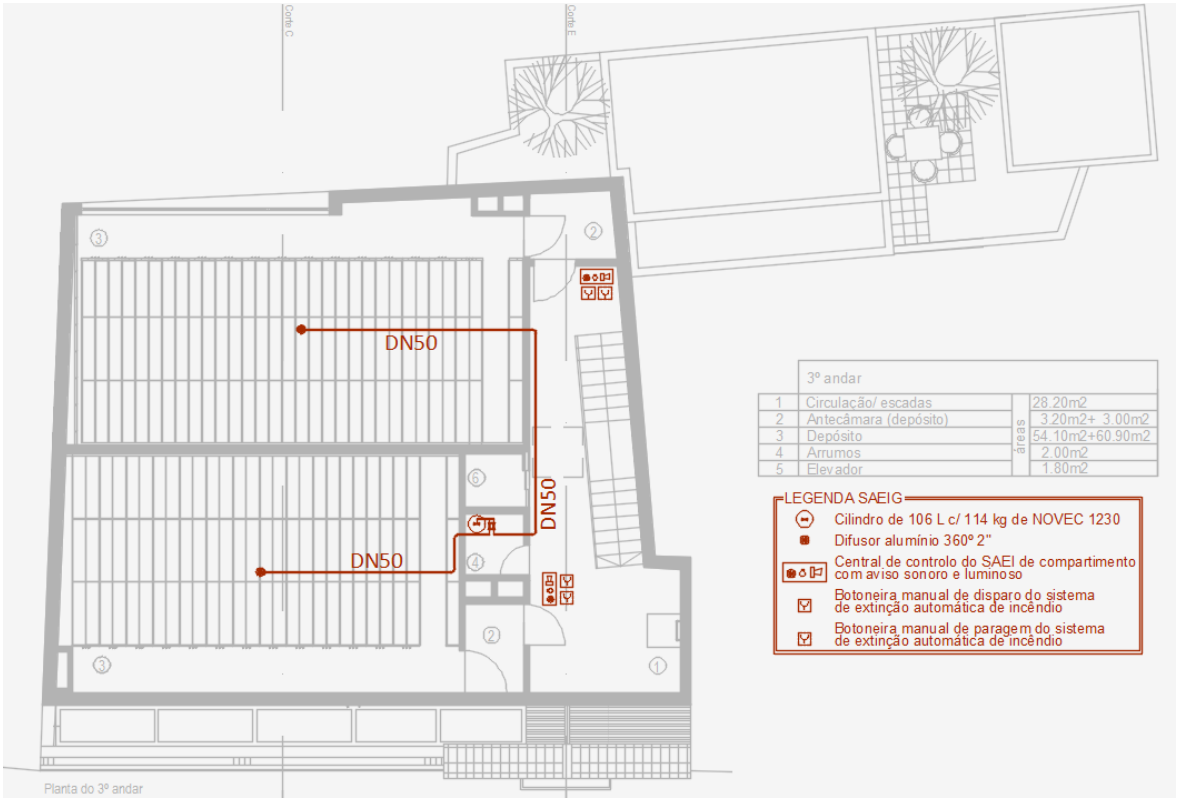


Figura 4.6 – Planta do 3.º andar com representação do SAEI por NOVEC 1230.

4.4 ESTUDO DE UM SAEI POR GÁS INERTE

Dos gases inertes abordados atrás, opta-se neste caso de estudo pela utilização do IG 55, designado comercialmente, neste caso, por PROINERTE.

Quanto à cobertura do SAEI no edifício, é necessário optar entre um sistema modular por compartimento, modular por piso ou centralizado para todo o edifício.

Neste aspeto consideraram-se as indicações da NP EN 15004-1 [53], que refere que os recipientes de agente extintor devem ficar localizados o mais próximo possível dos compartimentos que protegem, mas, preferencialmente, fora dos compartimentos.

Também devido ao IG 55 ser um agente extintor armazenado em estado gasoso, em alta pressão, que implicará maiores volumes de armazenamento que no caso dos agentes químicos e, sendo que o tempo de descarga pode ir até aos 60 s, poderá ser interessante equacionar um sistema centralizado, com traçados de tubagem mais extensos arrumando os recipientes de gás inerte num compartimento isolado.

No entanto, um sistema centralizado acarreta instalações mais complexas, pelo que, neste caso, será dada preferência a sistemas modulares por piso, onde o funcionamento e controlo dos sistemas são mais simples e, onde os recipientes de gás inerte ficam mais próximos dos locais a proteger.

Posto isto, é necessário determinar a quantidade de agente extintor, necessária para cada compartimento, através da expressão (4.2).

$$Q = m \times S_R \quad (m^3) \tag{4.2}$$

Onde:
S_R - é o volume específico de vapor sobreaquecido do agente extintor, à pressão de 1,013 bar, em m^3/kg, à temperatura de enchimento, determinado de acordo com a expressão (4.3).

$$\mathrm{S_R} = 0{,}6598 + 0{,}002416 \times \mathrm{T_R} \tag{4.3}$$

Onde:
T_R - é a temperatura de referência de enchimento do agente extintor, em °C.
m - é a quantidade requerida de agente extintor, em kg, dada pela expressão (4.4).

$$\mathrm{m} = \frac{\mathrm{V}}{\mathrm{S}} \times \ln\left(\frac{\mathrm{C}}{100 - \mathrm{C}}\right) \tag{4.4}$$

Onde:
V - é o volume do compartimento a proteger, subtraído do volume de todos os elementos fixos e estruturas existentes do interior do compartimento, impermeáveis ao agente extintor a ser descarregado, em m^3;
S - é o volume específico de vapor sobreaquecido do agente extintor, à pressão de 1,013 bar, em m^3/kg, à temperatura do local de risco, dado pela expressão (4.5):

$$\mathrm{S} = 0{,}6598 + 0{,}002416 \times \mathrm{T} \tag{4.5}$$

Onde:

T - é a temperatura de projeto do local de risco, em °C.

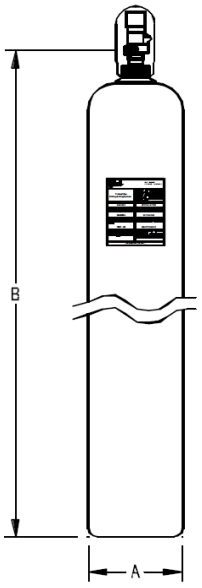
Não foi necessário aplicar qualquer fator de correção da quantidade de agente extintor, devida à altitude do local, uma vez que o edifício em estudo se encontra sensivelmente à cota do mar, ou seja, não se verificam variações de pressão no compartimento em relação à pressão padrão ao nível do mar (1,013 bar absoluta).

Considerando uma concentração de projeto referente a materiais combustíveis que originam fogos da classe $A_{superficial}$, no valor de 40,3 %, conforme a NP EN 15004-1 [53], determina-se o número de cilindros necessários para proteger cada compartimento, conforme se apresenta no Quadro 4.3.

Quadro 4.3 – Determinação da quantidade e da concentração efetiva de agente extintor IG55.

Andar	Compartimento	Área total útil (m^2)	Pé direito (m)	Volume (m^3)	Classe fogo	C projeto (%)	m teórica (kg)	Q teórico (m^3)	Capacidade cilindro 180L (m^3)	nº cilindros 180 L	Q efetiva (m^3)	C efetiva (%)	Teor O_2 final (%)
3º A	Arquivo maior	61,50	2,60	**159,90**	A_{sup}	**40,3**	116,48	82,48	21,00	4	84,00	**40,9**	**12,36**
3º A	Arquivo menor	55,70	2,60	**144,82**	A_{sup}	**40,3**	105,50	74,70	21,00	4	84,00	**44,0**	**11,70**
2º A	Arquivo maior	61,00	2,60	**158,60**	A_{sup}	**40,3**	115,53	81,81	21,00	4	84,00	**41,1**	**12,31**
2º A	Arquivo menor	55,50	2,60	**144,30**	A_{sup}	**40,3**	105,12	74,44	21,00	4	84,00	**44,1**	**11,68**
1º A	Arquivo maior	61,00	2,60	**158,60**	A_{sup}	**40,3**	115,53	81,81	21,00	4	84,00	**41,1**	**12,31**
1º A	Arquivo menor	55,50	2,60	**144,30**	A_{sup}	**40,3**	105,12	74,44	21,00	4	84,00	**44,1**	**11,68**
R/C	Arquivo maior	60,00	2,60	**156,00**	A_{sup}	**40,3**	113,64	80,47	21,00	4	84,00	**41,6**	**12,20**
R/C	Arquivo menor	38,90	2,60	**101,14**	A_{sup}	**40,3**	73,68	52,17	21,00	3	63,00	**46,4**	**11,21**

Constata-se assim que para proteger os compartimentos destinados a arquivo são necessários 4 cilindros de 180 l de IG55, à exceção do arquivo mais pequeno, onde são apenas necessários 3 cilindros, como se pode verificar na Figura 4.7.



Capacidade nominal cilindro (L)	A - Diâmetro (mm)	B - Altura nominal até válvula descarga (mm)	Peso de tara (kg)	Peso agente extintor IG55 (kg)	Peso bruto máximo (kg)
10	140,0	855,0	16,1	4,0	20,1
67	267,0	1515,0	68,0	19,2	87,2
80	267,0	1810,0	109,0	32,1	141,0
140	356,0	1870,0	217,0	56,2	273,2

Figura 4.7 – Caraterísticas dos cilindros de IG 55. Adaptado de: [90].

O dimensionamento de um SAEI por gás deve ser feito por cálculo hidráulico exato, através de software aprovado do próprio fabricante, conforme preconizado na NP EN 15004-1 [53], que no caso do gás inerte IG-55, corresponderia ao ProInert Flow Calculation Software, contudo, como geralmente este recurso apenas é disponibilizado após adjudicação do sistema de extinção, será utilizado o método de pré-dimensionamento apresentado no manual de projeto da FIKE [90].

Relativamente ao pré-dimensionamento da tubagem, tomou-se como base a tabela de pré-dimensionamento que se apresenta no Quadro 4.4.

Quadro 4.4 – Capacidade de descarga máxima estimada de IG55 na tubagem [90].

DN (mm)	**DN (")**	**Caudal máximo escoado nos tubos (kg/ min.)**
15	1/2"	42
20	3/4"	82
25	1"	130
32	1 1/4"	232
40	1 1/2"	318
50	2"	480
65	2 1/2"	682
80	3"	1065
100	4"	1860
125	5"	2940
150	6"	4200

Assim, nos SAEIG dos compartimentos maiores, onde são utilizados 4 cilindros de 80 L, com 32,1 kg de agente extintor em cada cilindro, resultando num caudal total de 128,4 kg a descarregar em 60 s, ou seja, 64,2 kg/min para dois difusores, ou 128,4 kg/ min para 4 difusores, tomam-se os seguintes diâmetros:

- DN 20 mm para tubos que alimentam até dois difusores, onde o caudal é de 64,2 kg/ min;
- DN 25 mm para tubos que alimentam os quatro difusores, onde o caudal é de 128,4 kg/ min.

No SAEIG do compartimento mais pequeno (38,90 m^2), onde são utilizados 3 cilindros de 80 L, resultando num caudal total de 96,3 kg a descarregar em 60 s, ou seja, 48,15 kg/min para um difusor, ou 96,3 kg/ min para dois difusores, tomam-se os seguintes diâmetros:

- DN 20 mm para tubos que alimentam até um difusor, onde o caudal é de 48,15 kg/ min;
- DN 25mm para tubos que alimentam os quatro difusores, onde o caudal é de 96,3 kg/ min.

Relativamente ao número de difusores e seu posicionamento nos compartimentos teve-se em consideração o preconizado no manual de projeto do fabricante [90], nomeadamente:

- disposição preferencialmente centrada e simétrica ao longo dos compartimentos, para promover uma descarga mais homogénea.
- preferência por calibres mais pequenos por motivos estéticos;
- área de cobertura máxima de 30 m^2;
- afastamento máximo de 3 m a paredes;
- raio de cobertura máximo de 7 m:
- os caudais de descarga máximos permitidos para cada tipo de difusor, que se apresentam no Quadro 4.5.

Quadro 4.5 – Capacidade de descarga de difusores de agente extintor IG55 [90].

Caudal de descarga dos difusores (kg/ 60s)		
DN (mm)	Caudal mínimo descarga	Caudal máximo descarga
15	0,6	34,0
20	3,5	66,0
25	7,5	104,0
40	15,0	255,0

Assim, considerando difusores com calibres de 15 mm, cujo caudal máximo de descarga é de 34 kg/ 60 s, ou com calibre de 20 mm, cujo caudal máximo de descarga é de 66 kg/ 60 s, resulta, para em:

- nos arquivos maiores, $nº\ difusores \geq \frac{116,48}{34} \geq 3,43$, ou seja, 4 difusores Ø 15 mm;
- no arquivo mais pequeno, $nº\ difusores \geq \frac{101,14}{66} \geq 1,53$, ou seja, 2 difusores Ø 20 mm.

Refere-se que posteriormente ao pré-dimensionamento, no cálculo hidráulico completo, deverão tomar-se as seguintes considerações:

- uma temperatura ambiente de 20 °C nos locais de risco;
- uma pressão inicial de 300 bar, referente aos cilindros de armazenamento;
- uma pressão no coletor dos cilindros de armazenamento de 60 bar, devido à instalação de redutores de pressão na saída dos cilindros, evitando assim altas pressões nas redes;
- um tempo de descarga máximo de 60 s;
- uma pressão mínima de 8 bar nos difusores.

A configuração dos SAEI por gás inerte IG 55, em cada piso do edifício, apresenta-se de seguida, na Figura 4.8 (planta r/c), Figura 4.9 (planta 1.º andar), Figura 4.10 (planta 2.º andar) e Figura 4.11 (planta do 3.º andar).

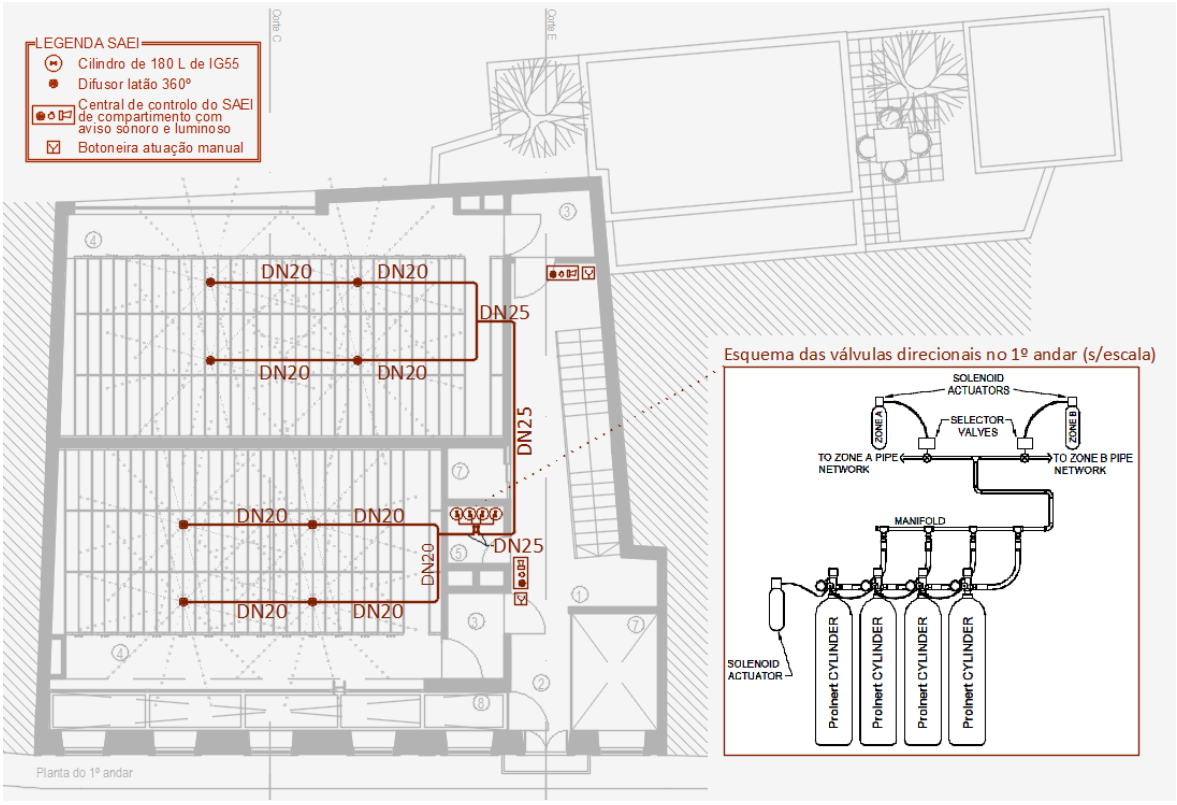


Figura 4.8 – Planta do R/C com representação do SAEI por IG 55.

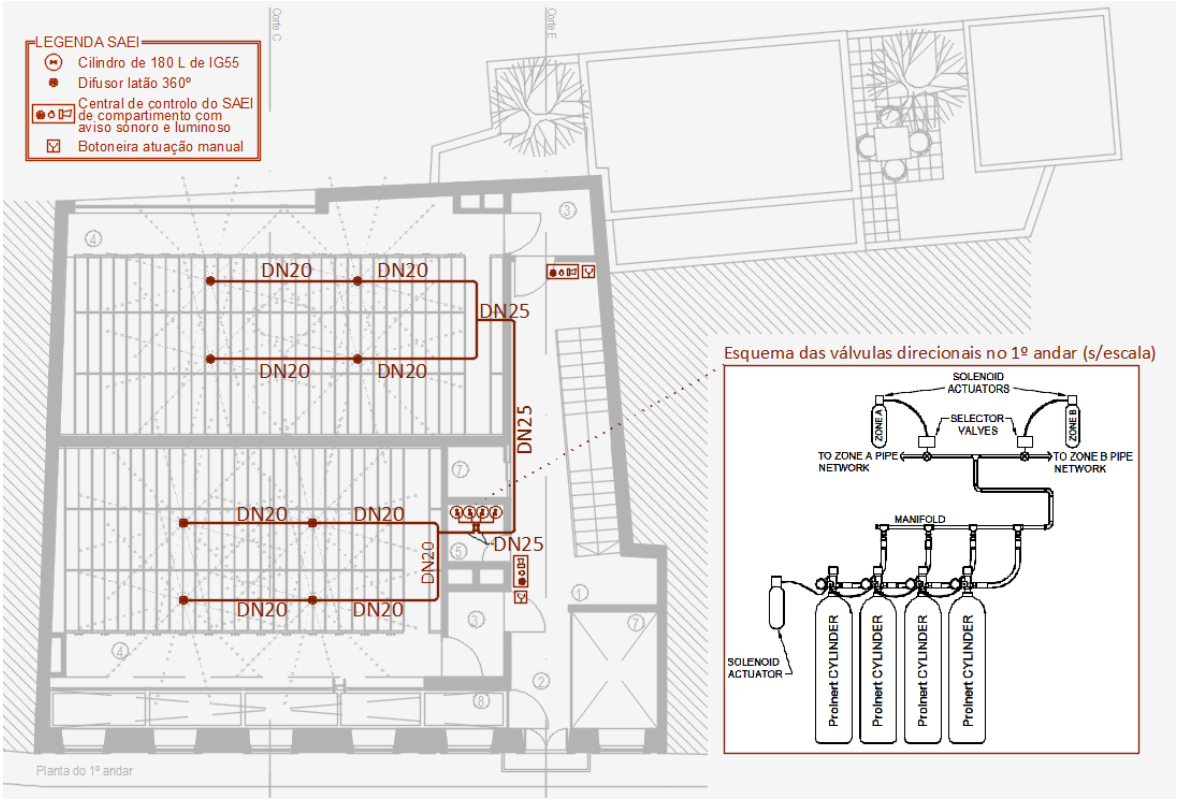


Figura 4.9 – Planta do 1.º andar com representação do SAEI por IG 55.

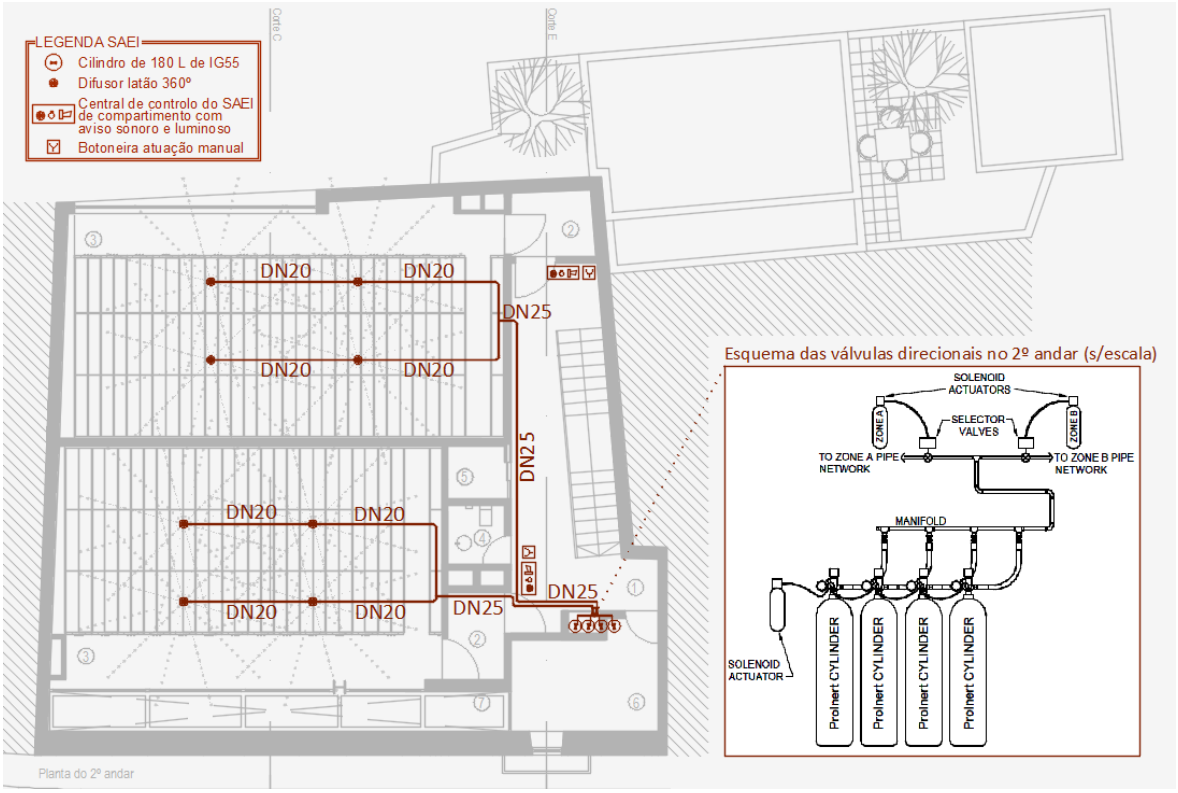


Figura 4.10 – Planta do 2.º andar com representação do SAEI por IG 55.

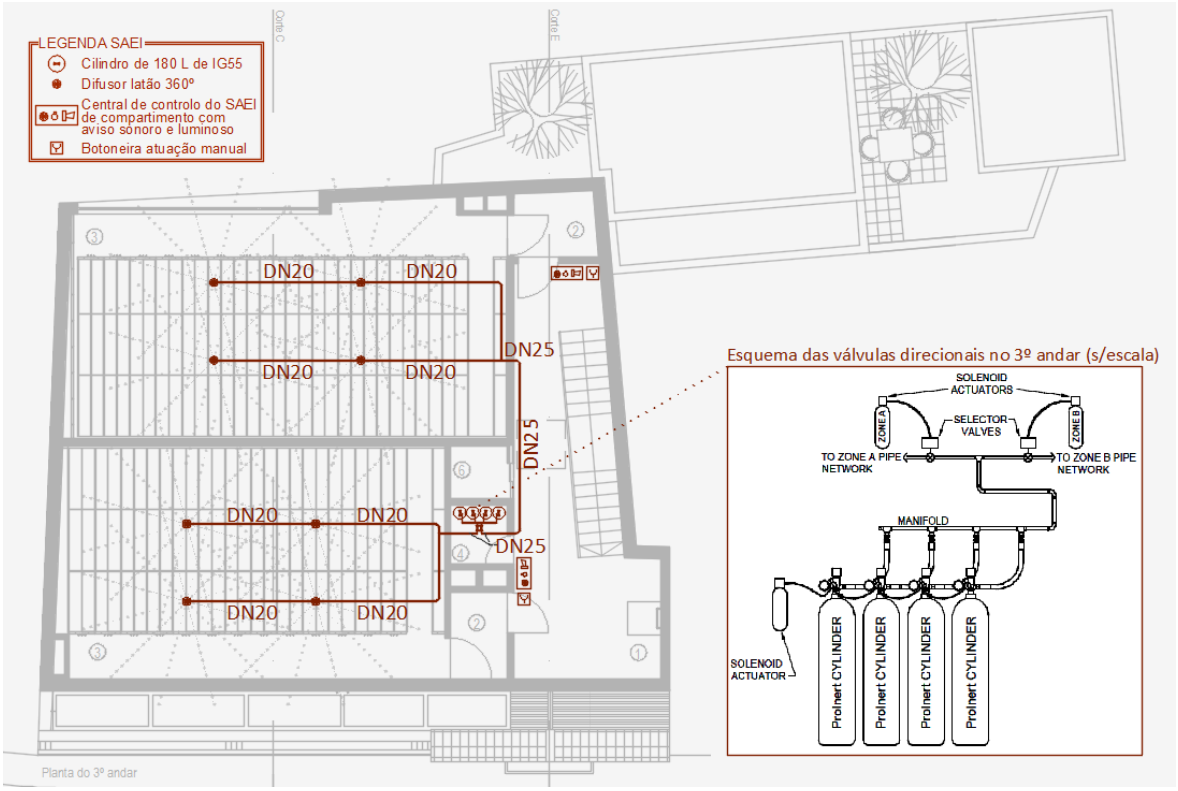


Figura 4.11 – Planta do 3.º andar com representação do SAEI por IG 55.

4.5 ESTUDO DE UM SAEI POR ÁGUA PULVERIZADA (SPRINKLERS)

4.5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O SAEI por água pulverizada, vulgarmente designado por rede de sprinklers, foi projetado de acordo com a norma europeia EN 12845 [16].

Segundo esta norma, o dimensionamento destes sistemas pode ser realizado pelo método de pré-cálculos ou pelo método de cálculos hidráulicos.

Tratando-se de uma primeira abordagem a este tipo de sistemas, achou-se útil realizar um pré-dimensionamento, baseado nas tabelas de sistemas pré-calculados, com vista a permitir balizar, pelo lado da segurança, os pressupostos do dimensionamento final realizado por cálculos hidráulicos.

4.5.2 ENQUADRAMENTO DA CLASSE DE RISCO

Tratando-se de um edifício da UT XI, destinado a arquivo de documentos em papel, considera-se que se enquadra, à luz da norma europeia [16], na classe de risco ordinários OH3.

4.5.3 CONCEÇÃO DA REDE

Quanto à cobertura da rede de sprinklers, considerou-se a proteção dos seguintes locais:

- Compartimentos destinados a arquivo (locais de risco C agravado);
- Casa das máquinas destinada a albergar o grupo de bombagem de alimentação à rede de sprinklers (CBSI);
- Cortinas de água nos envidraçados com funções de compartimentação corta-fogo, existentes nos 2.º e 3.º andares.

Quanto ao funcionamento do sistema, considerou-se uma rede de sprinklers do tipo húmido, permanentemente em carga, com exceção dos sub-ramais de alimentação das cortinas de água, que serão do tipo seco, onde se idealizou a instalação de válvulas de dilúvio de linha a montante desses sub-ramais, com ligação ao SADI, que, em caso de deteção da ocorrência de um incêndio num determinado compartimento, promove a atuação da válvula respetiva e a inundação das cortinas de água.

Quanto à configuração da rede de sprinklers, esta foi concebida tendo em conta os seguintes parâmetros, preconizados na EN 12845 [16], para a classe de risco OH3:

- Área de cobertura máxima por válvula de controlo ≤ 12.000 m^2;
- Altura máxima entre o sprinkler mais elevado e o sprinkler mais baixo servidos pelo mesmo posto de controlo ≤ 45 m;
- Distância máxima entre aspersores, D ≤ 4,6 m;
- Distância máxima dos aspersores às paredes ≤ [2,0 m; D/2];
- Distância mínima entre aspersores ≥ 2,0 m;
- Distância mínima de aspersores a pilares > 0,6 m, senão, colocar um aspersor adicional do lado oposto a uma distância ≤ 2,0 m;
- Distância a vigas salientes (não aplicável no caso em estudo);
- Distância máxima dos aspersores ao teto ≤ 0,45 m (caso de tetos em materiais com classe de reação ao fogo A1 ou A2);

- Altura livre desimpedida abaixo dos defletores dos aspersores ≥ 0,50 m ou 0,30 para sprinklers tipo flat spray (para o efeito deste trabalho, considera-se que este aspeto é verificado, contudo, num estudo mais detalhado, este aspeto poderá condicionar a configuração dos armários);
- Proteção adicional para claraboias com volume superior a 1 m^3 a um nível superior a 0,30 m do teto, com aspersores instalados às distâncias máximas exigidas para os tetos (não aplicável no caso em estudo).

Relativamente a algumas caraterísticas especificas da rede para o caso em estudo, tomaram-se as seguintes considerações:

- Procurou-se dispor a rede, utilizando o mínimo espaçamento possível entre sprinklers, procurando aumentar a capacidade de penetração da água pulverizada, por entre as estantes dos arquivos, de forma a alcançar mais eficazmente um foco de incêndio, tendo em conta o efeito de obstrução deste caso em particular;
- Considerou-se uma cortina de água integrada no SAEI por água pulverizada, para proteção complementar dos envidraçados com requisitos "corta-fogo" existentes nos arquivos mais pequenos do 2.ºandar e 3.º andar;
- Considerou-se que a área de operação mais desfavorável ao nível hidráulico corresponde, à primeira vista, ao compartimento mais distante da válvula de controlo (em comprimento de tubagem), ou seja, o arquivo do último andar voltado para a fachada principal (onde será colocada a válvula de ensaio à pressão do SAEI).

Apresenta-se de seguida, as plantas do r/c (Figura 4.12), 1º andar (Figura 4.13), 2.º andar (Figura 4.14) e 3º andar (Figura 4.15), com a disposição considerada para a rede de sprinklers, desde os aspersores, sub-ramais, ramais de distribuição principais e coluna montante, até ao posto de controlo do SAEI.

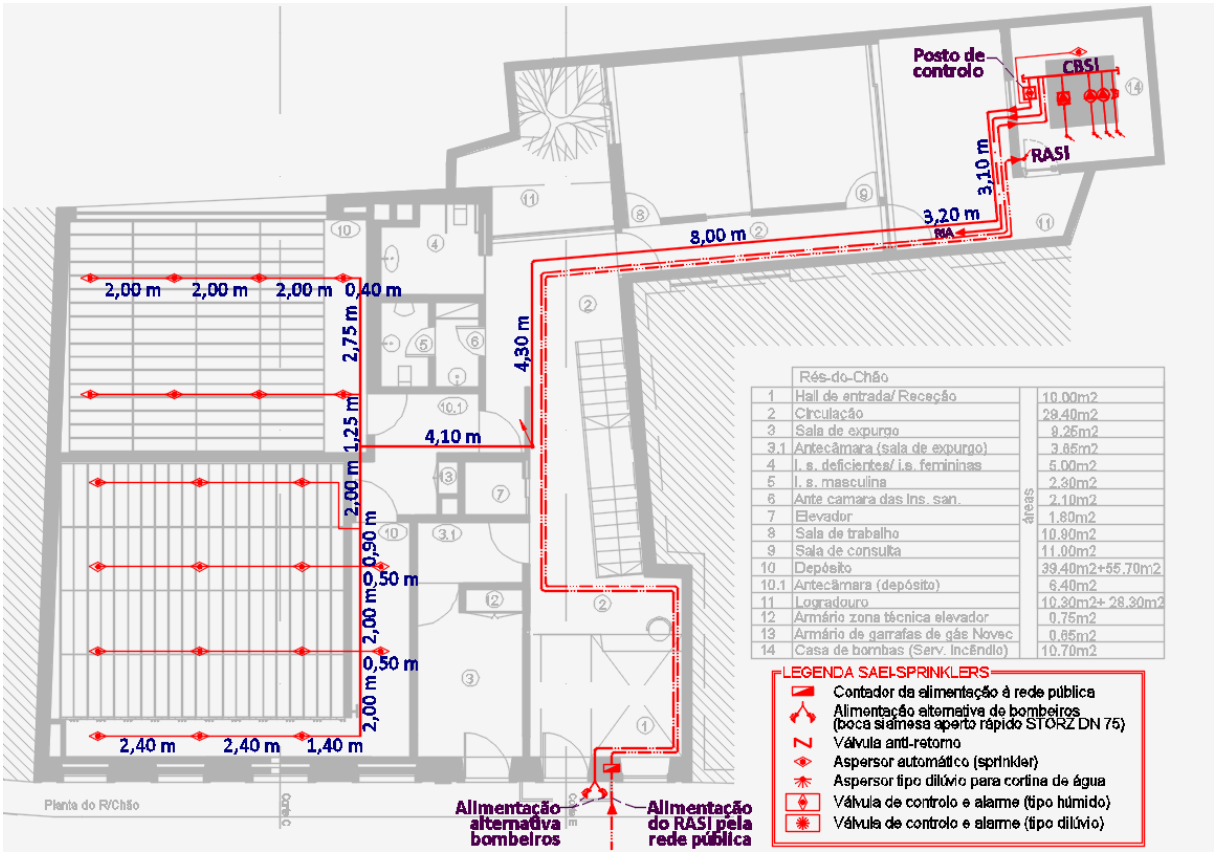


Figura 4.12 – Configuração do SAEI por água pulverizada no r/c.

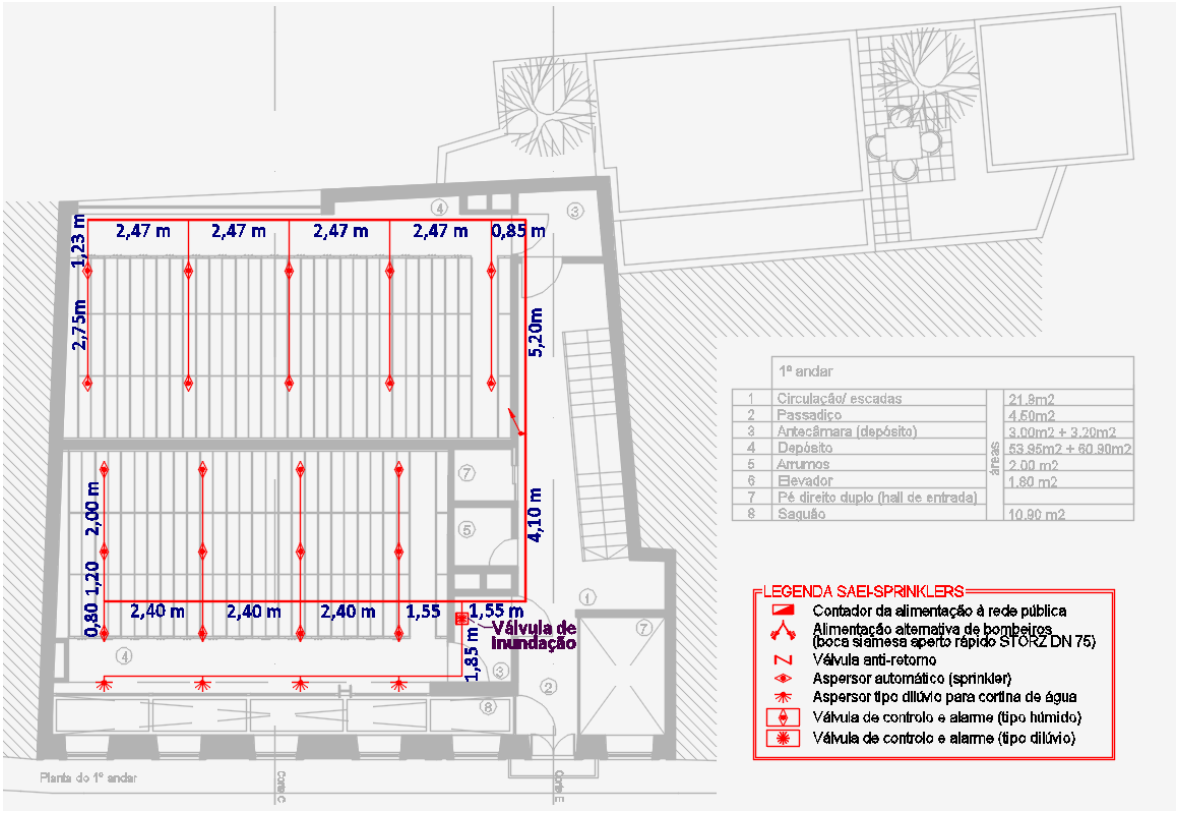


Figura 4.13 – Configuração do SAEI por água pulverizada no 1.º andar.

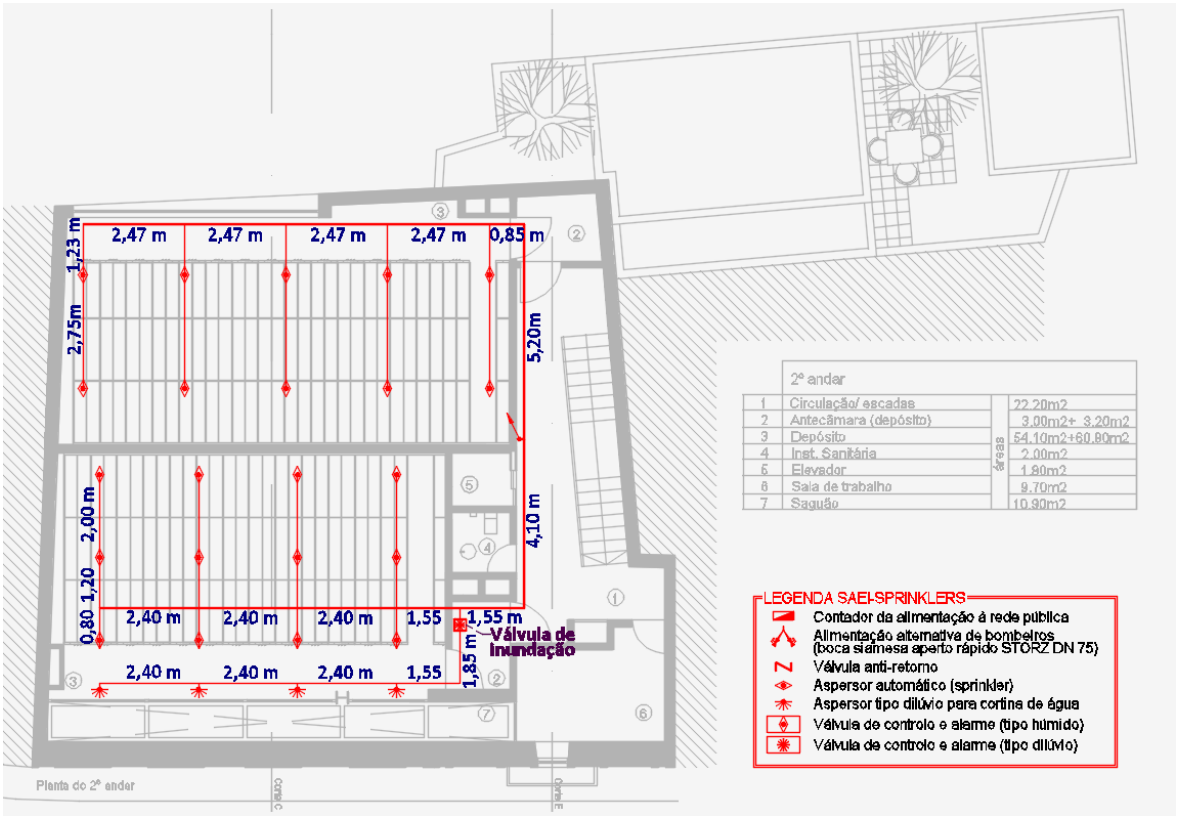


Figura 4.14 – Configuração do SAEI por água pulverizada no 2.º andar.

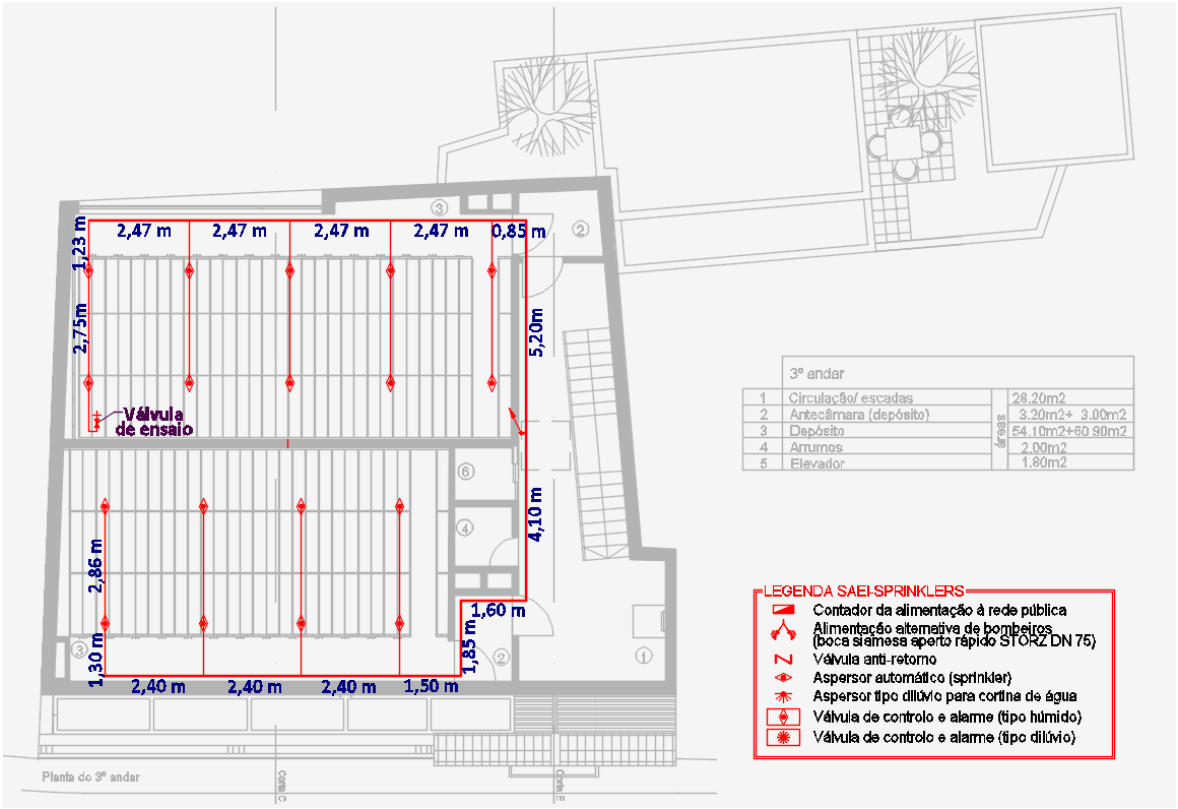


Figura 4.15 – Configuração do SAEI por água pulverizada no 3.º andar.

4.5.4 PRÉ-DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DE PRÉ-CÁLCULOS

Os sistemas pré-calculados de acordo com a EN 12845 [16], seguem valores pré-determinados para redes com determinadas caraterísticas comuns, como sejam, altura, disposição em planta e classe de risco.

A pressão e caudal a disponibilizar no posto de controlo, devem estar de acordo com os valores do Quadro 4.6:

Quadro 4.6 – Caudal e pressão mínimos a disponibilizar no posto de controlo [16].

Classe de risco (tipo de sistema)	Q (l/min)	P, posto controlo (bar)	$Q_{, máx}$ (l/min)	P, posto controlo (bar)
OH3 (húmido e pré-ação)	1100	1,7 + Ps	1350	1,4 + Ps

A pressão estática devida à altura entre o aspersor mais desfavorável e o posto de controlo, P_s, é assim dada de acordo com a expressão (4.6):

$$P_s = (2{,}90 * 3 - 1{,}30) \times 0{,}0981 = 0{,}73 \text{ bar} \quad (4.6)$$

A pressão mínima a garantir no posto de controlo resulta assim em:

- 1,70 bar + 0,73 bar = 2,43 bar (24,78 mca), para um caudal de 1100 l/min;
- 1,40 bar + 0,73 bar = 2,13 bar (21,72 mca), para um caudal de 1350 l/min.

Quanto ao volume de água necessário para abastecer uma rede de sprinklers pré-calculada, deve ser garantido um volume mínimo de 135 m^3, de acordo com o Quadro 4.7, em função da classe de risco e do desnível altimétrico máximo entre os sprinklers da rede:

Quadro 4.7 – Volume mínimo de reserva de água para OH1 (método de pré-cálculos). Adaptado de [16].

Classe de risco	Altura entre o sprinkler mais alto e o sprinkler mais baixo da rede (m)	Volume (m^3)
OH3 - Húmido ou pré-ação	h ≤ 15	135
	15 < h ≤ 30	160
	30 < h ≤ 45	185
OH3 - Seco ou alternado	h ≤ 15	160

Os diâmetros da tubagem não devem aumentar na direção do escoamento, podendo ser obtidos com recurso ao Quadro 4.8, para sub-ramais e, ao Quadro 4.9, para ramais de distribuição, em função do número máximo de aspersores a alimentar.

Quadro 4.8 – Diâmetro de sub-ramais em função do número de aspersores alimentados [16].

Sub-ramais e tipo de disposição	DN (mm)	Nº máximo de aspersores alimentados pelos ramais
Últimos 2 sub-ramais com disposição lateral e com 2 aspersores	25	1
	32	2
Últimos 3 sub-ramais com disposição lateral e com 3 aspersores	25	2
	32	3
Último sub-ramal com qualquer disposição	25	2
	32	3
	40	4
	50	9
Todos os outros sub-ramais com qualquer disposição	25	3
	32	4
	40	6
	50	9

Quadro 4.9 – Diâmetro de ramais de distribuição em função do número de aspersores alimentados [16].

Localização dos ramais de distribuição e tipo de disposição	DN (mm)	Nº máximo de aspersores alimentados pelos ramais de distribuição
Ramais de distribuição nas extremidades da instalação com disposição lateral e com 2 aspersores	32	2
	40	4
	50	8
	65	16
Ramais de distribuição nas extremidades da instalação com qualquer outra disposição	32	3
	40	6
	50	9
	65	18
Ramais de distribuição entre o ponto de cálculo e o posto de controlo	Estes troços dos ramais devem ser calculados por cálculo hidráulico, respeitando uma perda de carga máxima de 0,50 bar, entre o ponto de cálculo da área mais remota e o posto de controlo (acrescida da perda de carga estática), associada a um caudal de 1000 l/min.	

Os pontos a partir dos quais os ramais de distribuição têm de ser calculados (pontos da rede a partir dos quais não se podem aplicar as tabelas de pré-cálculos), correspondem à interceção de um ramal de distribuição horizontal com um dos seguintes elementos:

- Um sub-ramal;
- Uma coluna montante ou uma queda de alimentação a sub-ramais;
- Um tubo de alimentação a um único aspersor.

A localização do ponto de cálculo de um ramal de distribuição, depende do número máximo de aspersores alimentados a jusante desse ponto, que, para a classe de risco OH, deverá considerar-se de acordo com o Quadro 4.10:

Quadro 4.10 – Número máximo de aspersores a jusante de um ponto de cálculo [16].

Nº aspersores alimentados por um ramal de distribuição num determinado compartimento	Nº máximo de aspersores a jusante do ponto de cálculo de um ramal de distribuição	Disposição dos sub-ramais
> 16 *	17	Laterais com 2 aspersores
> 18 *	19	Todas as outras disposições
* Para quantidades inferiores de sprinklers num único compartimento, o ponto de cálculo deve ser considerado como sendo a interceção do ramal de distribuição desse compartimento, com o ramal de distribuição donde deriva.		

Resumindo, os pré-cálculos aplicam-se essencialmente aos sub-ramais e ramais de distribuição de compartimentos pequenos e aos ramais de distribuição de áreas de operação maiores (até ao ponto em que alimentam um número de aspersores não superior ao indicado na primeira coluna do Quadro 4.10).

No caso em estudo, tendo em consideração que o número máximo de aspersores num arquivo é de 16, existirá apenas um ponto de cálculo por piso, correspondente ao ponto de interceção dos ramais de distribuição provenientes de cada um dos arquivos do mesmo piso.

Assim, todos os sub-ramais e os ramais de distribuição de cada arquivo, até esse ponto de cálculo, podem ser obtidos através das tabelas de sistemas pré-calculados, com exceção dos sub-ramais e ramais de distribuição de alimentação às cortinas de água, que não estão contempladas neste método.

Apresentam-se de seguida, na Figura 4.16 (planta r/c), Figura 4.17 (planta 1º andar), Figura 4.18 (planta 2º andar) e Figura 4.19 (planta 3º andar), os diâmetros obtidos para os sub-ramais e ramais de distribuição, com recurso às tabelas de sistemas pré-calculados.

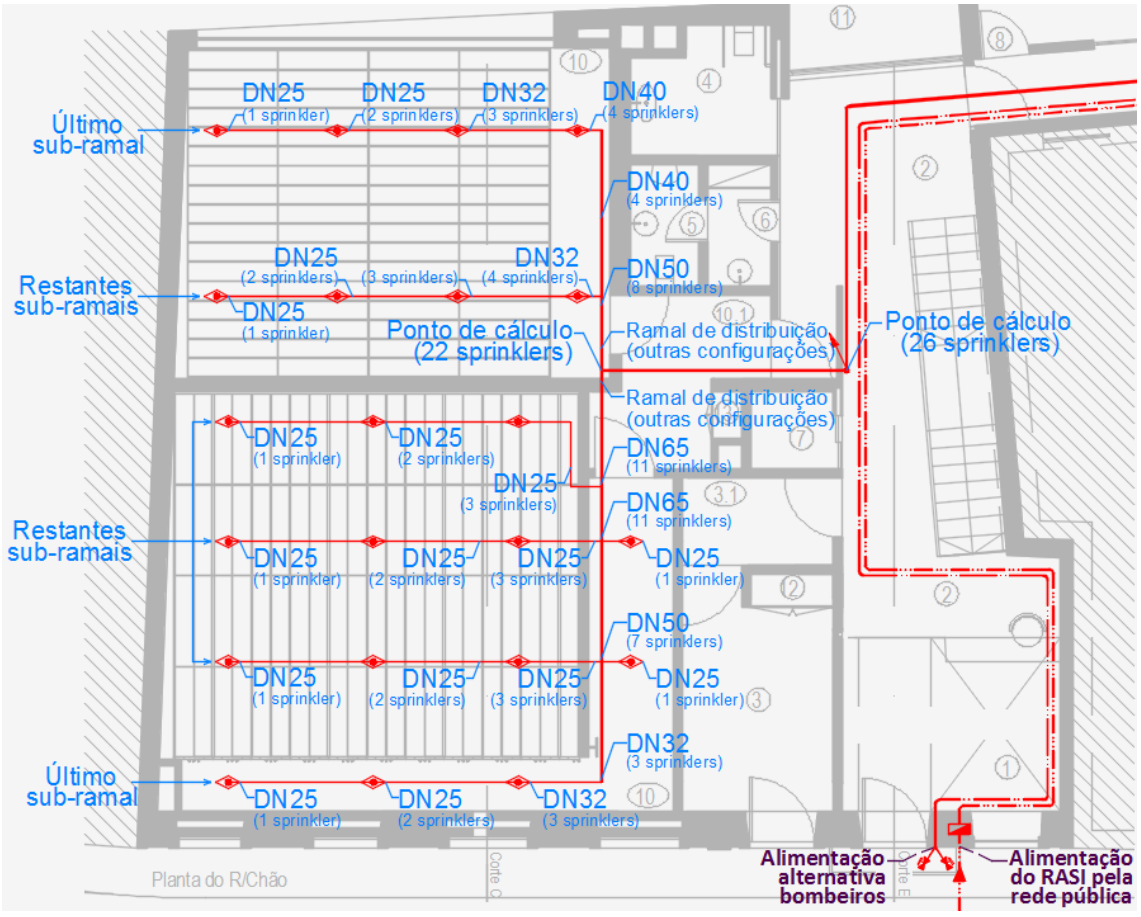


Figura 4.16 – Diâmetros dos sub-ramais e ramais de distribuição no R/C (sistema pré-calculado).

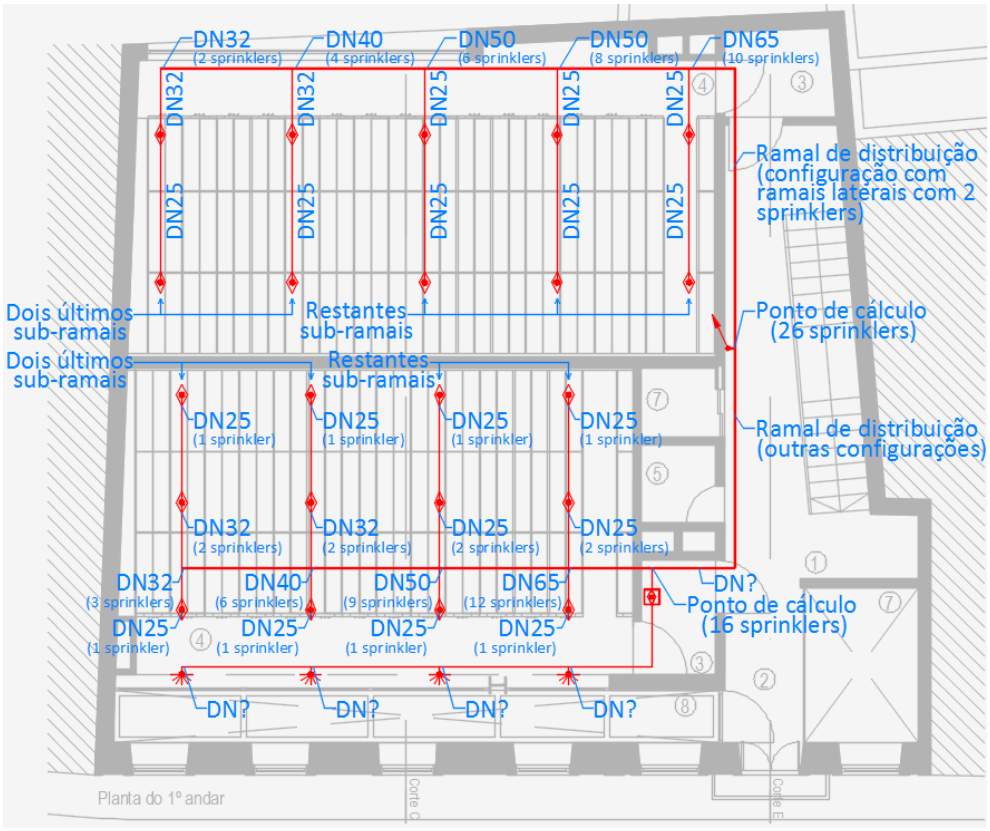


Figura 4.17 – Diâmetros dos sub-ramais e ramais de distribuição no 1.º andar (pré-calculos).

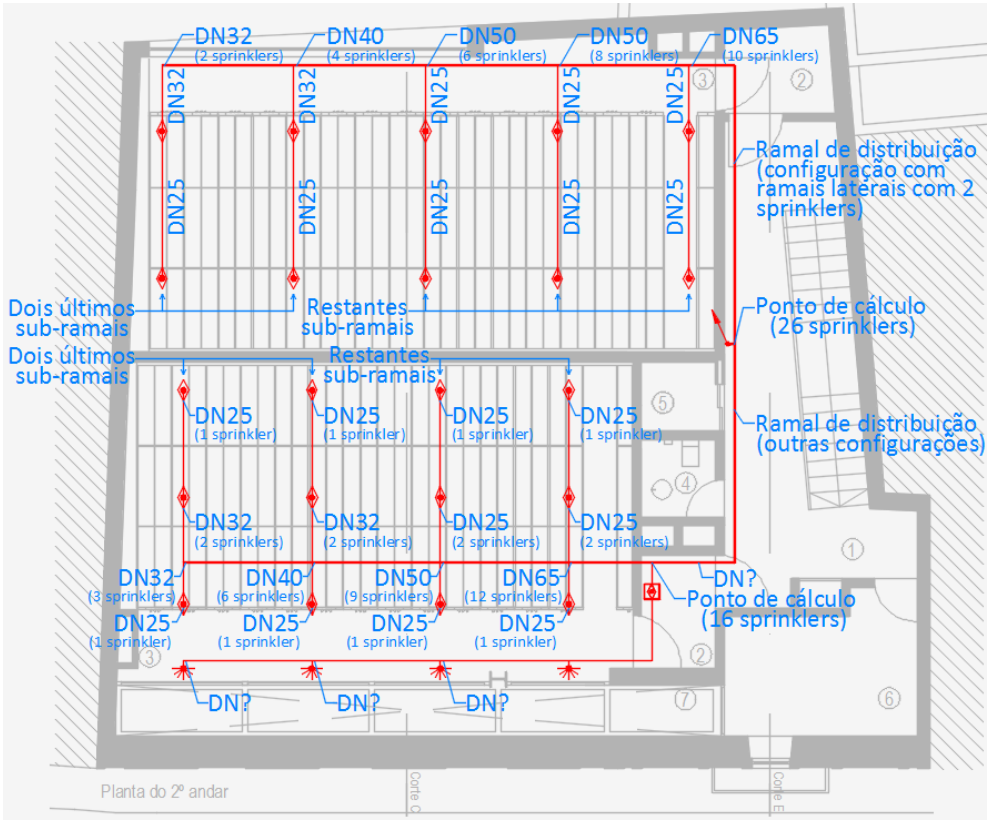


Figura 4.18 – Diâmetros dos sub-ramais e ramais de distribuição no 2.º andar (pré-calculos).

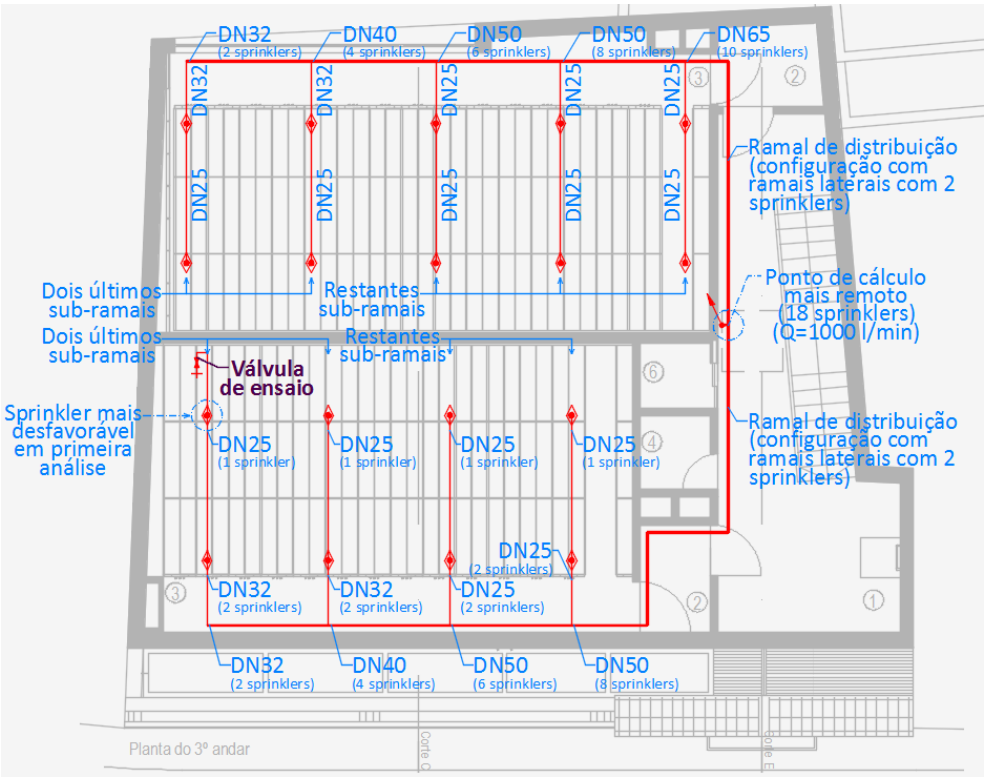


Figura 4.19 – Diâmetros dos sub-ramais e ramais de distribuição no 3.º andar (pré-calculos).

A partir dos pontos de cálculo, pelo método de sistemas pré-calculados, os ramais de distribuição principais têm de ser determinados por cálculos hidráulicos, considerando um caudal de 1000 l/min e, de forma a garantir uma perda de carga por atrito não superior a 0,50 bar, desde o ponto de cálculo mais remoto, até ao posto de controlo da rede.

No caso em estudo, o ponto de cálculo mais remoto da rede localiza-se no 3.º andar e, o comprimento dos ramais principais, entre este ponto de cálculo mais remoto e o posto de controlo é de 31,50m.

Admitindo um diâmetro constante da tubagem, entre estes dois pontos, constatou-se, por utilização da fórmula de Hazen-Williams, que o limite de 0,50 bar de perda de carga, apenas é verificado a partir do DN 100 mm, como se pode verificar a seguir, na expressão (4.7):

$$\Delta h = J \times L_{,eq} = \frac{605280 \times Q^{1,852}}{C^{1,852} \times D^{4,8704}} \times 1,3 \times L = \frac{605280 \times 1000^{1,852}}{120^{1,852} \times 105,30^{4,8704}} = \quad (4.7)$$

$$= 0,00433 \times 1,3 \times 31,50 = 0,18 \text{ bar} \leq 0,50 \text{ bar (ok!)}$$

onde:
Δh — é a perda de carga acumulada ao longo dos ramais principais (bar);
J — é a perda de carga unitária (bar/m), determinada pela fórmula de Hazen-Williams;
Q — é o caudal (l/s);
C — é o coeficiente que traduz a rugosidade das paredes da conduta, considerando-se 120, correspondente a tubagem em aço galvanizado;
D — é o diâmetro interior da conduta (mm);
$L_{,eq}$ — é o comprimento equivalente do troço, considerado como sendo igual a 1,3 vezes o comprimento real, L, do troço (m).

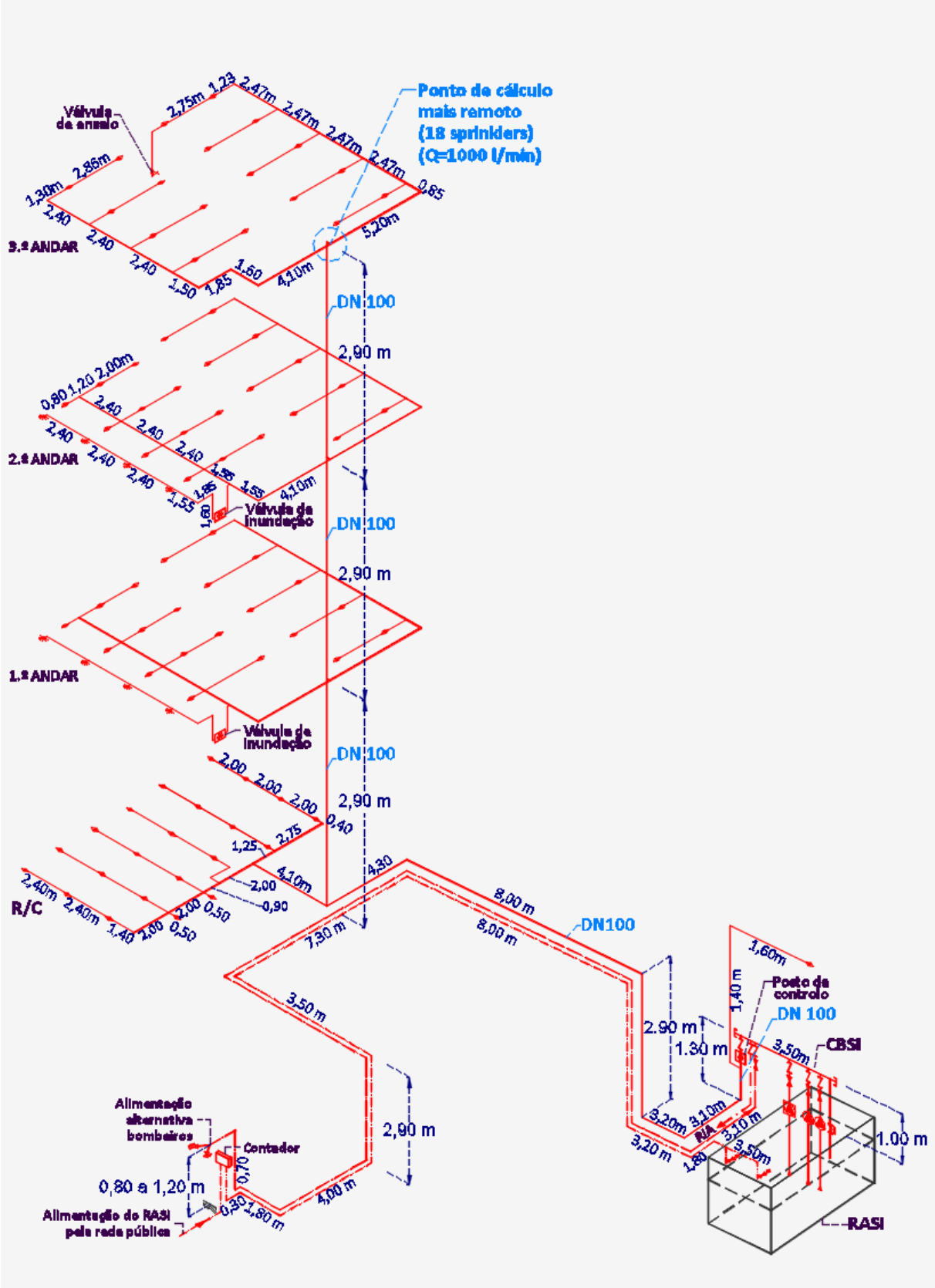


Figura 4.20 – Isometria da rede sprinklers com diâmetros dos ramais principais (pré-calculos).

Verificou-se também o limite máximo de 6 m/s, para a velocidade de escoamento, utilizando a fórmula da continuidade, como se demonstra na expressão (4.8):

$$U = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{\pi \times \frac{D^2}{4}} = 1{,}91\ \mathrm{m/s}\ \leq 6\mathrm{m/s}\ (\mathrm{ok}) \tag{4.8}$$

onde:
U – é a velocidade de escoamento da água em (m/s);
Q - é o caudal em (m^3/s);
S – é a área da secção do escoamento (m^2);
D – é o diâmetro interior da tubagem (m).

Apresenta-se na Figura 4.20, a isometria da rede de sprinklers, com a representação dos diâmetros dos ramais de distribuição principais, incluindo a coluna montante, obtidos pelo método dos sistemas pré-calculados.

Constata-se assim que o método de dimensionamento por pré-cálculos é muito limitado, particularmente, quando surgem singularidades na rede, como por exemplo, as cortinas de água existentes neste caso de estudo.

Como a densidade de descarga das cortinas de água (10 L/min/m^2) é superior à densidade de descarga dos sprinklers de tecto na classe de risco OH3 (5 L/min/m^2), verifica-se que este método não permite obter os diâmetros dos ramais de alimentação das cortinas de água, nem ter a certeza se o caudal indicado para o dimensionamento hidráulico da coluna montante seja suficiente para obter um cálculo pelo lado da segurança nesta situação.

Quando existem singularidades na rede de sprinklers, ou quando as áreas de operação diferem consideravelmente entre pisos, o método de dimensionamento por pré-cálculos, pode não permitir determinar com rigor a área de operação mais desfavorável da rede.

4.5.5 DIMENSIONAMENTO PELO MÉTODO DE CÁLCULOS HIDRÁULICOS

Realiza-se agora o dimensionamento hidráulico completo do SAEI por água pulverizada.

Para o seu dimensionamento, antes de mais, é necessário determinar a área de funcionamento mais desfavorável.

No edifício em estudo, não se considera verosímil que ocorra um incêndio em mais do que um compartimento, assim, em primeira análise, considera-se que a área de operação expectável da rede de sprinklers, corresponde à área útil do compartimento de risco a proteger, localizado na zona mais desfavorável hidraulicamente.

A área mais desfavorável corresponderia assim, numa primeira análise, ao arquivo do 3.º andar com área de 54,10 m^2, uma vez que este se situa a uma cota mais alta e fica mais distante da origem da rede, o que implicaria a maior perda de carga por atrito na tubagem.

No entanto, como a área do outro arquivo existente no 3.º andar, no valor de 60,90 m^2, é superior à do arquivo anterior, originando um maior caudal, podendo resultar em maiores perdas de carga, passando a constituir assim a situação mais desfavorável.

A mesma coisa se passa no arquivo do 2.º andar, em que a existência da cortina de água, implica um caudal consideravelmente superior ao caudal necessário para qualquer um dos arquivos do 3.º andar,

podendo este cenário, por sua vez, corresponder, à situação mais desfavorável, mesmo estando localizado num piso abaixo.

Para além disso, o grupo de bombagem também tem de ser capaz de fornecer água para o cenário de pressão mais favorável, que exija a menor pressão e caudal.

Por estes motivos, consideram-se vários cenários de funcionamento da rede de sprinklers, como se representa na Figura 4.21, nomeadamente os seguintes:

- Cenário 1 – Arquivo do 3.º andar, com área de operação de 54,10 m^2, com 8 aspersores em funcionamento simultâneo (por se encontrar mais distante que todos os outros);
- Cenário 2 – Arquivo do 3.º andar, com área de operação de 60,90 m^2, com 10 aspersores em funcionamento simultâneo (por ser o compartimento mais distante a seguir ao anterior e ter uma área de descarga superior);
- Cenário 3 – Arquivo do 2.º andar, com 12 aspersores de teto em funcionamento simultâneo numa área de 54,10 m^2 e com mais 4 aspersores em funcionamento simultâneo, para uma cortina de água com área de 24,00 m^2 (a verificar se corresponde ao cenário mais desfavorável por ter a maior área de descarga);
- Cenário 4 – Arquivo do r/c, com 8 aspersores de teto em funcionamento simultâneo numa área de 39,40 m^2 (por ser o cenário mais favorável);
- Cenário 5 – Arquivo do r/c, com 14 aspersores de teto em funcionamento simultâneo numa área de 55,70 m^2 (cenário considerado apenas para determinar os diâmetros da rede de sprinklers neste compartimento em particular, cuja disposição é diferente à de todos os outros cenários).

Quanto aos parâmetros de dimensionamento preconizados na EN 12845 [16], para a classe de risco OH3, destacam-se os seguintes:

- Área de operação mínima de 216 m^2 (preconizada na norma) ou a área do compartimento a proteger do cenário mais desfavorável (a menor das áreas);
- Densidade de projeto mínima para os aspersores de teto $\geq$ 5 l/ (min. m^2);
- Densidade de projeto mínima para os aspersores da cortina de água $\geq$ 10 l/ (min. m^2);
- Área de cobertura máxima por aspersor de teto $\leq$ 12 m^2;
- Fator de descarga dos aspersores K = 80 l/min/ $bar^{0,5}$;
- Pressão mínima para descarga dos aspersores $\geq$ 0,35 bar;
- Diâmetro mínimo para a tubagem $\geq$ 20mm;
- Tubagem a utilizar - Tubos de aço, soldados longitudinalmente, da série média, fabricados de acordo com a NP EN 10255, sendo que os seus diâmetros se apresentam no anexo E.1;
- Velocidade máxima de escoamento nas tubagens $\leq$ 6m/s;
- Tempo de descarga máximo de 60 s após ativação de um sprinkler, nos sistemas secos (no caso em estudo, apenas seria necessário verificar nos troços de tubagem das cortinas de água, no entanto, não se considera necessário verificar este aspeto, uma vez que são troços pouco extensos).

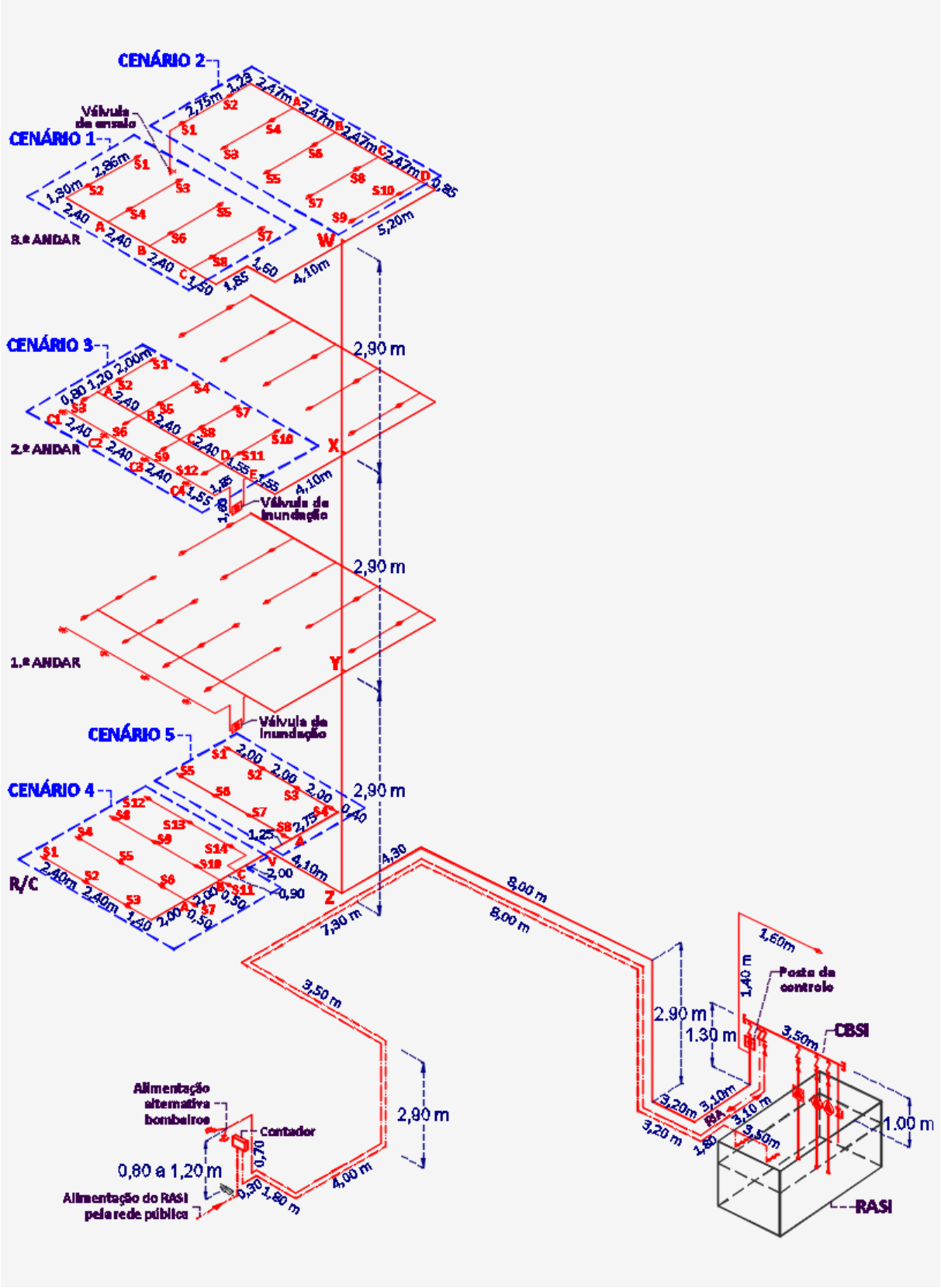


Figura 4.21 – Isometria do SAEI por água pulverizada com cenários de cálculo considerados.

O procedimento de cálculo hidráulico da rede de sprinklers segue os seguintes passos principais:

- Determina-se o caudal de descarga mínimo em cada sprinkler, de forma a garantir a densidade de descarga mínima, através da expressão (4.9):

$$q_{unit} = \frac{A_0}{N_s} \tag{4.9}$$

onde:
q_{unit} — é o caudal unitário a debitar por um sprinkler (l/min);
A_o — é a área de operação considerada para a rede de sprinklers (m^2);
N_s — é o número de sprinklers existentes na área de operação, ou seja, o número de sprinklers em funcionamento simultâneo expectável.

- Determina-se a pressão dinâmica mínima, necessária no sprinkler mais desfavorável, para que seja garantida a densidade de descarga mínima, através da expressão (4.10):

$$P_s = 100 \times \frac{{q_{unit}}^2}{K^2} \tag{4.10}$$

onde:
P_s — é a pressão no sprinkler mais desfavorável (kPa);
q_{unit} — é o caudal unitário a debitar por um sprinkler (l/min);
K — é o coeficiente de descarga dos sprinklers ($l.min^{-1}.kPa^{-1/2}$).

- Prossegue-se com o cálculo hidráulico, tramo a tramo, desde o sprinkler mais desfavorável, percorrendo o caminho mais crítico, até à válvula de controlo da rede, de jusante para montante, relacionando a pressão a montante de um determinado troço, com a pressão a jusante do troço seguinte;
- As perdas de carga contínuas determinam-se através da fórmula de Hazen-Williams;
- As perdas de carga localizadas, foram determinadas através do método dos comprimentos equivalentes simplificado, considerando um acréscimo de 30% ao comprimento de cada troço de tubagem;
- A velocidades determinam-se pela fórmula da continuidade, fixando os diâmetros, podendo estes ser alterados posteriormente, de forma a cumprir os limites máximos permitidos para as velocidades (6 m/s) e perdas de carga (50 mbar);
- O caudal necessário num ramal de distribuição, para alimentar um determinado sub-ramal a ele ligado, obtém-se através da expressão (4.11):

$$Q_{rd} = K_r \times \sqrt{\frac{P_{rm}}{100}} \tag{4.11}$$

onde:
Q_{rd} — é o caudal num ramal de distribuição (l/min);
P_{rm} — é a pressão proveniente do ramal alimentado pelo ramal de distribuição, ou seja, é a pressão no nó a montante do último tramo desse ramal secundário (kPa);
K_r — é o coeficiente de descarga do ramal alimentado pelo ramal de distribuição ($l.min^{-1}.kPa^{-1/2}$), determinado de acordo com a expressão (4.12):

$$K_r = \frac{Q_r}{\sqrt{\frac{P_{mr}}{100}}} \quad (4.12)$$

onde:
Q_r — é o caudal no último nó de um determinado ramal (l/min);
P_{rj} — é a pressão no último nó com alguma derivação um determinado ramal, ou seja, é a pressão a jusante do último troço desse ramal (kPa).

Os cálculos necessários para o dimensionamento da rede de sprinklers foram efetuados com recurso a folhas de cálculo auxiliares, elaboradas com o intuito de permitir calcular de forma mais célere e sistemática os vários cenários de cálculo, sendo apresentadas nos anexos A.4.1 (cenário 1), A.4.2 (cenário 2), A.4.3 (cenário 3), A.4.4 (cenário 4) e A.4.5 (cenário 5).

Refere-se que, embora a norma europeia não imponha qualquer limite na perda de carga quando se utiliza o método de cálculo hidráulico, considerou-se o valor limite de 50 mbar para as perdas de carga por atrito nos ramais principais, ao longo do caminho crítico, conforme recomendação de Pedroso [91] e Gomes [92].

Os diâmetros obtidos para a tubagem, pelo cálculo hidráulico, resultaram, como seria de se esperar, mais económicos do que os diâmetros obtidos pelo método de sistemas pré-calculados, mesmo após ter sido feita uma uniformização, por excesso, dos diâmetros em certos ramais.

O método de dimensionamento por cálculos hidráulicos, permitiu ainda obter os diâmetros dos ramais das cortinas de água, que não se encontram contemplados nas tabelas dos sistemas pré-calculados.

Apresentam-se na Figura 4.22, os diâmetros finais considerados para a rede de sprinklers, obtidos no dimensionamento por cálculos hidráulicos.

Os valores do caudal e da pressão na tubagem de compressão, obtidos em cada cenário de cálculo considerado, apresentam-se no Quadro 4.11:

Quadro 4.11 – Caudal e altura de compressão, em cada cenário de cálculo considerado.

Situação de abastecimento	$H_{,c}$ (m.c.a)	$Q_{,nom}$ (l/s)
Cenário1: Sprinklers (área mais desfavorável - Arquivo 54,10 m² - 3º andar)	17,82	5,60
Cenário 2: Sprinklers (área mais desfavorável - Arquivo 60,90 m² - 3º andar)	17,75	6,54
Cenário 3: Sprinklers + Cortina de água (área mais desfavorável - Arquivo 54,10 m² - 2º andar)	18,02	9,29
Cenário 4: Sprinklers (área mais favorável - Arquivo 39,40 m² – r/c)	5,82	3,92

Verifica-se que a situação mais desfavorável de funcionamento da rede de sprinklers, ocorre no cenário 3, referente ao arquivo do 2.º andar, onde, para além dos sprinklers de teto com área de 54,10 m², existe uma cortina de água, com área de 24,00 m².

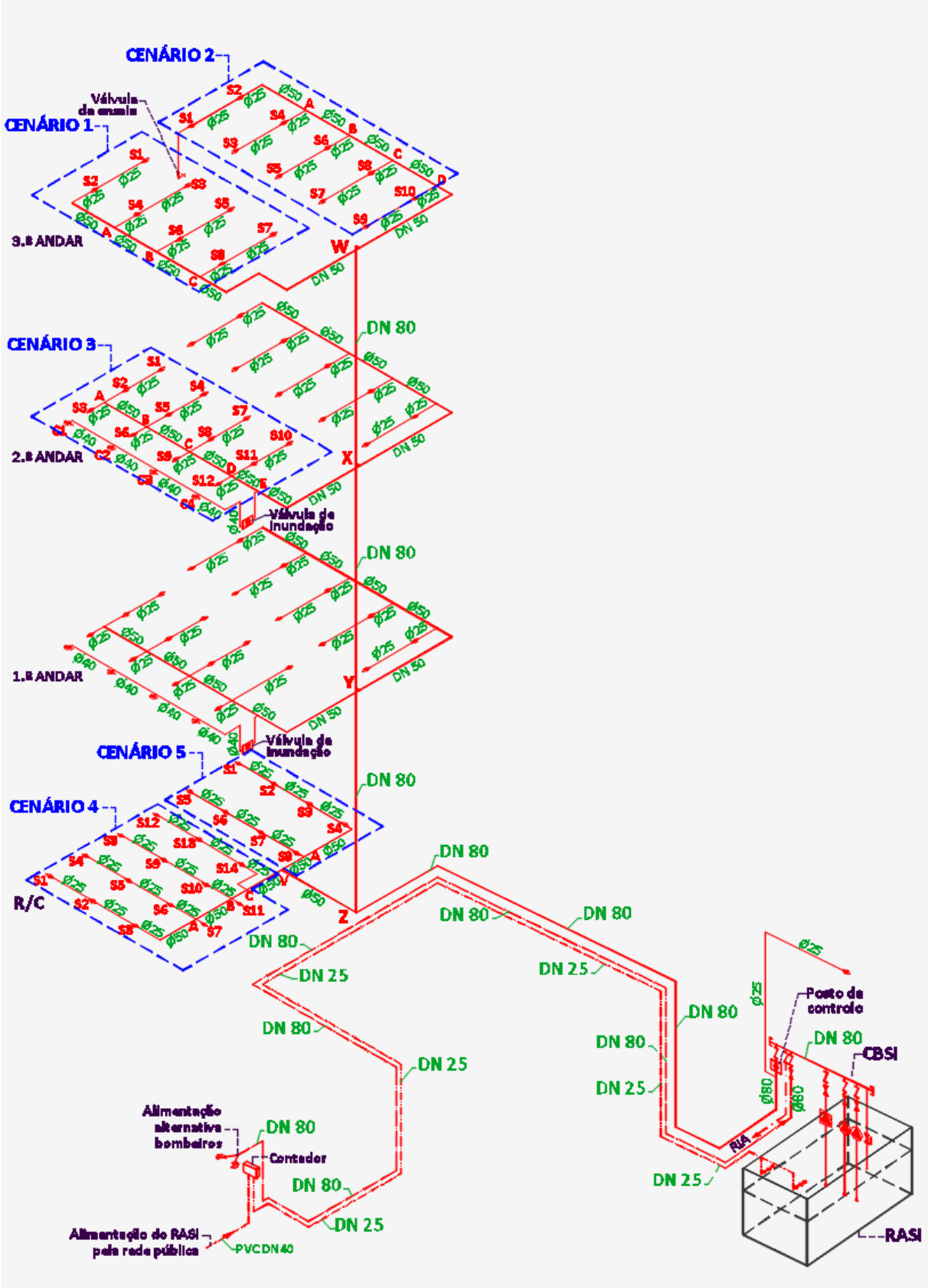


Figura 4.22 – Diâmetros finais da rede de sprinklers (cálculo hidráulico).

A central de bombagem do serviço de incêndio terá de disponibilizar água, em condições adequadas de caudal e pressão, para a situação mais desfavorável, mas também, para a situação mais favorável de funcionamento da rede de sprinklers.

Para além disso, como existe uma rede de combate manual de 1.ª intervenção, terá de ser considerado o fornecimento de água em simultâneo para os meios de extinção automáticos e para os meios manuais, conforme preconizado na RT-SCIE [78].

Assim, foram considerados os seguintes cenários de funcionamento para a CBSI:

- Situação mais desfavorável – (RIA + Sprinklers + Cortina de água) em funcionamento simultâneo, que corresponde ao 3.º cenário considerado para a rede de sprinklers, juntamente com dois carretéis da RIA;
- Situação mais favorável – Área de operação mais favorável da rede de sprinklers, que corresponde ao 4.º cenário de funcionamento considerado para a rede de sprinklers.

Para obter a altura de aspiração, procedeu-se ao dimensionamento da conduta de aspiração, respeitando-se o limite de velocidade a 1,5 m/s, preconizado na norma europeia EN 12845 [16] para situações de aspiração negativa, resultando num tubo DN 125 mm e numa altura de aspiração de 3,50 mca, conforme apresentado na folha de cálculo apresentada no anexo A.6.1.

Somando à altura de aspiração, a altura de compressão mais desfavorável, chegou-se à altura manométrica total exigida à CBSI e, com o caudal de cálculo do cenário de funcionamento mais desfavorável e, admitindo um rendimento da bomba de 70%, determinou-se a potência máxima exigida para a CBSI, cujos valores se apresentam no Quadro 4.12.

Quadro 4.12 – Valores de caudal e pressão mais desfavoráveis para dimensionamento da CBSI.

Situação de abastecimento	Hc (m.c.a)	Ha (m.c.a)	$H_{, nom} = H_a + H_c$ (m.c.a)	$Q_{, nom}$ (l/s)
Cenário 4: Sprinklers (situação mais favorável)	5,82	3,06	8,88	3,92
Cenário 6: RIA + Sprinklers + Cortina de água (situação mais desfavorável)	38,26	3,50	41,76	12,69

A determinação da potência da CBSI, faz-se na folha de cálculo apresentada no anexo A.7, para o ponto de funcionamento nominal, bem como para o ponto de funcionamento em sobrecarga, de acordo com o preconizado na norma europeia [16], assegurando que a bomba funciona com um acréscimo de pressão de 40% e com um caudal não inferior a 70% do caudal nominal.

Exemplifica-se na expressão (4.13), a determinação da potência máxima da bomba no ponto de funcionamento nominal:

$$P_u = \frac{\gamma \times Q \times H_m}{\eta_B} = \frac{9{,}81 \times \frac{12{,}69}{1000} \times 41{,}76}{0{,}70} = 7{,}43\ kW \quad (4.13)$$

onde:

P_u — é a potência da bomba (kW);
Υ — é o peso específico da água (KN/m^3);
Q — é o caudal a elevar (m^3/s);
H_m — é a altura manométrica (m);
η_B — é o rendimento da bomba (adimensional).

Consultou-se o fabricante EFAFLU, que apresentou uma solução para os cenários atrás referidos e, de acordo com os requisitos da norma europeia [16], fornecendo as curvas de funcionamento, que se apresentam no anexo A.6.2 e, de forma resumida, na Figura 4.23 (nota: Q_{nom} = 12,69 l/s = 45,68 m^3/h).

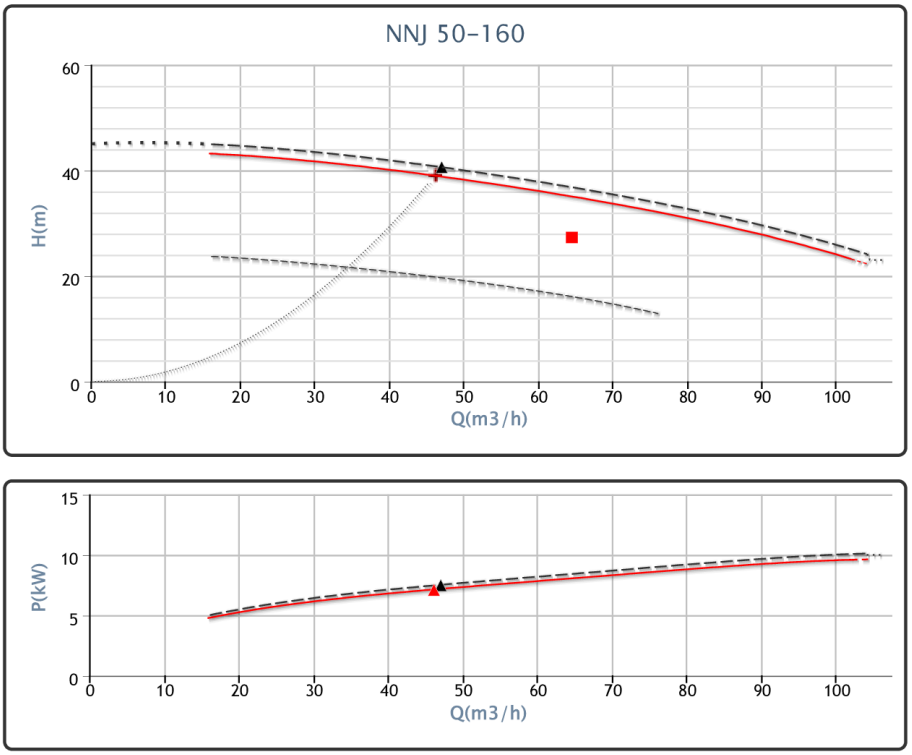


Figura 4.23 – Curva de funcionamento – EFAFLU STOPFIRE EN EDJ 45/40.

A CBSI proposta pelo fabricante EFAFLU, modelo STOPFIRE EN EDJ 45/40, é constituída pelos seguintes componentes principais, cuja configuração-tipo após montagem se apresenta na Figura 4.24:

- 1 grupo eletrobomba principal, modelo NNJ 50-160 (11 kW);
- 1 grupo motobomba de reserva, modelo NNJ 50-160 (11,5 kW), com depósito de combustível com autonomia para 6 horas e tubo de escape acoplados;
- 1 grupo eletrobomba auxiliar, modelo BMV 3-9 (0,75 kW);
- 1 coletor de compressão;
- 1 coletor de provas;
- 1 depósito de ferragem automática das bombas, com volume de 500 L;
- 1 reservatório de pressão;
- 1 quadro elétrico comum aos grupos eletrobomba auxiliar e principal;
- 1 quadro elétrico para o grupo eletrobomba principal;
- 1 quadro elétrico para o grupo motobomba de reserva.



Figura 4.24 – CBSI - EFAFLU STOPFIRE EN EDJ 45/40.

A determinação da capacidade do reservatório de água para o serviço de incêndio, foi feita numa folha de cálculo, que se apresenta no anexo A.6, tendo em conta o preconizado no RT-SCIE [78], garantindo água para a rede de sprinklers (incluindo as cortinas de água), bem como, para a RIA de 1.ª intervenção, durante 60 minutos, considerando-se um volume útil final de 46 m^3, como se exemplifica também na expressão (4.14):

$$C = \frac{(Q_1 + Q_2 + QH + Q_C + Q_S)}{1000} \times T =$$

$$= \frac{(204{,}00 + 0 + 0 + 311{,}13 + 246{,}23)}{1000} \times 60 =$$

$$= 45681 \text{ L} \quad (4.14)$$

onde:
C — é a capacidade do reservatório, em L;
Q_1 — é o caudal de alimentação das redes de 1ª intervenção em L/min;
Q_C — é o caudal de alimentação das redes de extinção automática, tipo cortina de água, em L/min;
Q_S — é o caudal de alimentação das redes de extinção automática, tipo sprinkler, em L/min;
T — é o tempo de autonomia do sistema, em minutos.

A conduta adutora é dimensionada, tendo em conta o requisito da NT 14 [85], garantindo um tempo de reposição do nível máximo do RASI, inferior a 36 horas, como se indica na folha de cálculo do anexo A.5.2 e conforme se exemplifica na expressão (4.15), resultado da aplicação da fórmula da continuidade, fixando uma velocidade aconselhável de 2 m/s e um caudal de adução que cumpra o tempo de reposição atrás referido:

$$\emptyset = \sqrt{\frac{4.Q}{U.\pi}} = \sqrt{4.\frac{V}{t_r}} = \sqrt{4 \times \frac{46{,}00}{12 \times 60 \times 60}} \times 1000 = 26{,}04\text{mm} \rightarrow \text{DN25} \quad (4.15)$$

onde:
Ø – é o diâmetro interior teórico da conduta adutora (mm);
U – é a velocidade de escoamento da água (m/s), adotando-se o valor aconselhável de 2 m/s;
Q - é o caudal de adução (m^3);
V - é o volume do RASI (m^3);
t_r - é o tempo de reposição do RASI (s), tendo-se considerado um valor de 12 horas.

Tendo em conta o espaço limitado no logradouro para implantar o RASI, conforme se pode verificar na Figura 4.25, destaca-se a economia conseguida no volume útil do reservatório (na ordem de 90 m^3), quando se utiliza o método exato por cálculos hidráulicos (46 m^3), ao invés do método aproximado por pré-cálculos (135 m^3).

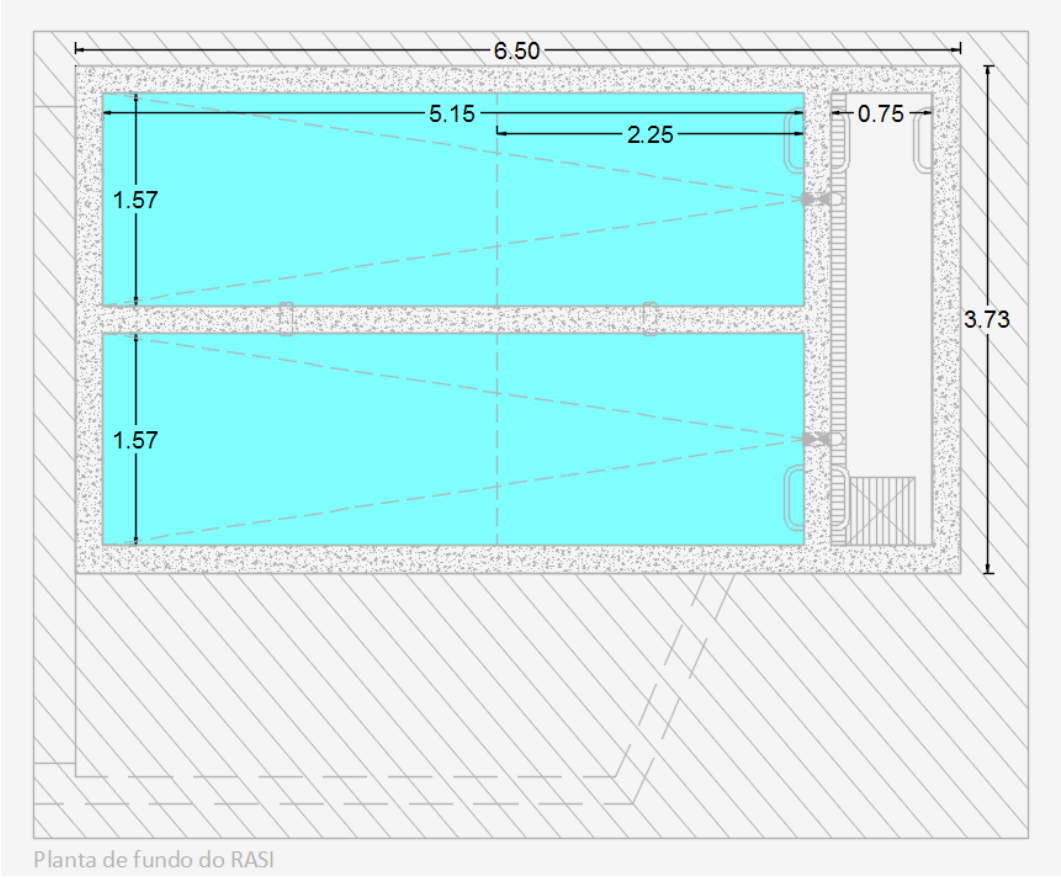


Figura 4.25 – Dimensões em planta do RASI (carretéis + cortinas de água + sprinklers: autonomia de 60 min).

Por último refere-se que, tendo em conta a facilidade atual em utilizar ferramentas de cálculo informatizadas, tais como simples folhas de cálculo, considera-se que o dimensionamento de redes de sprinklers pelo método de pré-cálculos não apresenta nos dias de hoje, muitas vantagens quanto à rapidez de cálculo.

4.6 ESTUDO DE UM SAEI POR ÁGUA NEBULIZADA (WATERMIST)

4.6.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Como já referido, não é possível dimensionar um SAEI por água nebulizada tendo em conta unicamente os parâmetros de uma norma de referência, como acontece nos SAEI por água pulverizada (sistemas estes que se encontram bem documentados e ensaiados desde há muitos anos).

As normas de referência para a conceção de SAEI por água nebulizada são a NFPA 750 [70] e a Pr EN 14972[71], sendo que ambas as normas preconizam que o dimensionamento destes sistemas deve ter por base parâmetros obtidos em ensaios à escala real, que avaliam a adequabilidade e eficácia deste tipo de sistemas para cada tipo de utilização a proteger. Estes ensaios devem ser promovidos pelos fabricantes dos próprios sistemas e ser submetidos a entidades independentes reconhecidas internacionalmente para o efeito.

Entre os fabricantes pesquisados, constatou-se que a FOGTEC [86] e a MARIOFF [93], levaram já a cabo ensaios dos seus sistemas à escala real para proteção de compartimentos destinados a arquivo, com caraterísticas semelhantes à situação do caso de estudo.

Havendo empresas da especialidade representantes da MARIOFF em Portugal, nomeadamente, a TECNIQUITEL, procurou-se utilizar os parâmetros dos sistemas de água nebulizada a alta pressão HI-FOG da MARIOFF.

Para além disso, considerou-se também o referencial de instalação de sistemas de água nebulizada APSAD D2 [69], que fornece já parâmetros específicos para este tipo de proteção em arquivos.

4.6.2 ENQUADRAMENTO DA CLASSE DE RISCO E OBJETIVOS DE PROTEÇÃO

Quanto à quantificação do risco de incêndio a proteger pelo SAEI por água nebulizada, considerou-se o preconizado na APSAD D2 [69], que considera a classificação feita pela EN 12845 [16], enquadrando os arquivos de documentos em papel na classe de risco ordinários OH3.

Dentro dos níveis de proteção preconizados pela norma americana ou pela norma europeia (extinção, supressão ou controlo), a APSAD D2 [69] preconiza que um SAEI por água nebulizada deve permitir proteger utilizações do tipo arquivo, a um nível de supressão ou de controlo do incêndio, através do arrefecimento dos materiais combustíveis e das chamas.

4.6.3 CONCEÇÃO DA REDE

Quanto ao tipo de funcionamento do sistema, considerou-se um sistema do tipo pré-ação, com vista a reduzir a probabilidade de eventuais ativações acidentais.

Não foram consideradas cortinas de água neste sistema, pois não se conseguiu encontrar em tempo útil soluções de água nebulizada ensaiadas para proteção efetiva de envidraçados resistentes ao fogo.

No entanto, dada a alta pressão disponibilizada pelo grupo de bombagem, contemplou-se a instalação de uma rede de primeira intervenção (RIA), a funcionar também com água nebulizada a alta pressão, integrada no SAEI. Uma solução deste género, utilizada também no ensaio do sistema da FOGTEC [86], poderia ser interessante de considerar , visto que objetivos de proteção exigidos para o SAEI por água nebulizada limitam-se à supressão ou ao controlo do incêndio, sendo que a utilização de meios manuais à base de água lançada sob a forma de jato, necessária para complementar a extinção, poria em causa a preservação pretendida para os bens arquivados.

Seria depois necessário considerar procedimentos de formação específica dos ocupantes do edifício ou até, com o próprio corpo de bombeiros da área, para a utilização de uma RIA por água nebulizada no edifício em estudo.

Quanto à configuração da rede para água nebulizada do caso em estudo, tomaram-se as seguintes considerações:

- Área de cobertura máxima por válvula de controlo ≤ 4.831 m^2, de acordo com a NFPA 750 [70];
- Procurou-se dispor a rede, utilizando o mínimo espaçamento possível entre difusores, procurando aumentar a capacidade de penetração da água nebulizada, por entre as estantes dos arquivos, de forma a alcançar mais eficazmente um foco de incêndio, tendo em conta o efeito de obstrução deste caso em particular;
- Procurou-se ter em conta os espaçamentos máximos entre difusores e, entre estes e as paredes, tendo em consideração as fichas técnicas dos difusores dos sistemas HI-FOG;
- Tomou-se consciência da necessidade de ser garantida uma distância mínima entre os difusores e a superfícies do topo doas armários, para que a nebulização da água seja eficaz, conforme referido na APSAD D2 [69], facto que poderá implicar alterações na configuração dos armários.

Apresentam-se de seguida as plantas do r/c (Figura 4.26), 1º andar (Figura 4.27), 2.º andar (Figura 4.28) e 3º andar (Figura 4.29), com a disposição considerada para a rede de água nebulizada, desde os difusores, sub-ramais, ramais de distribuição principais e coluna montante, até à válvula de controlo do SAEI.

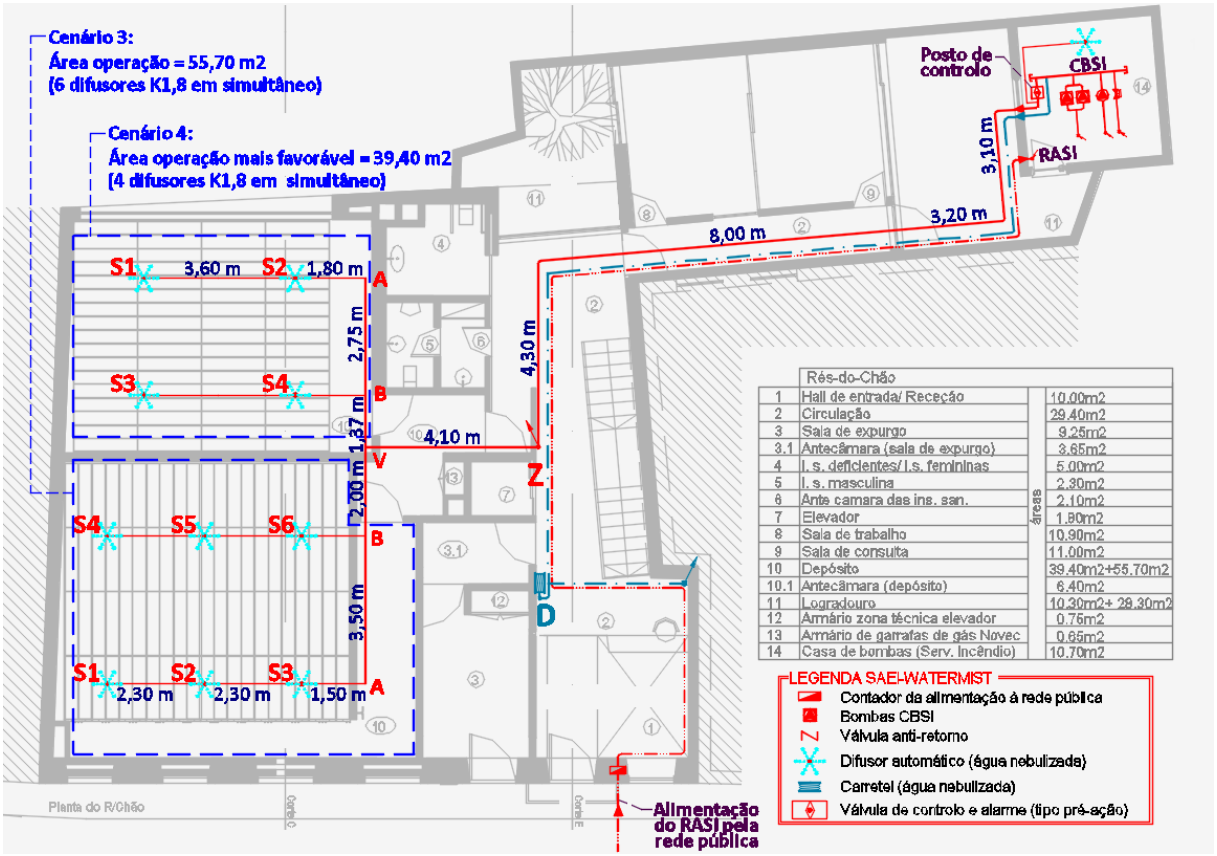


Figura 4.26 – Configuração do SAEI por água nebulizada no r/c.

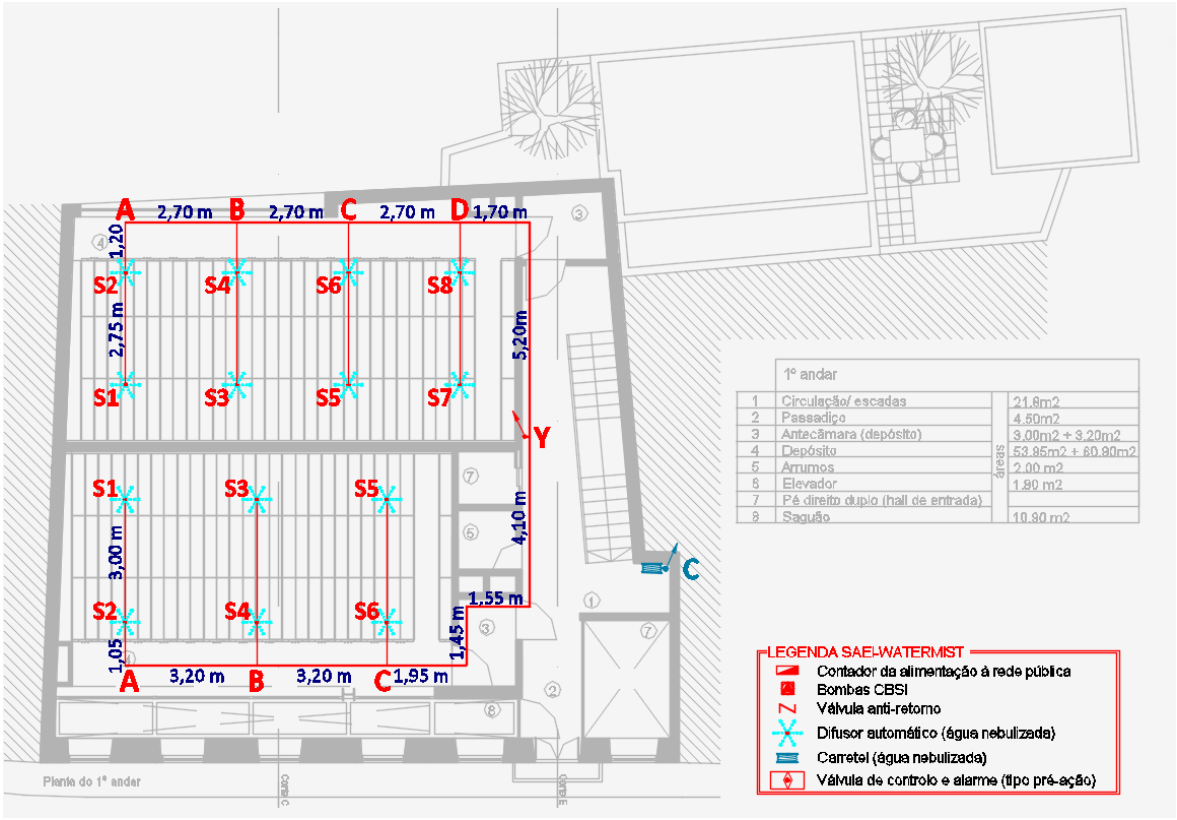


Figura 4.27 – Configuração do SAEI por água nebulizada no 1.º andar.

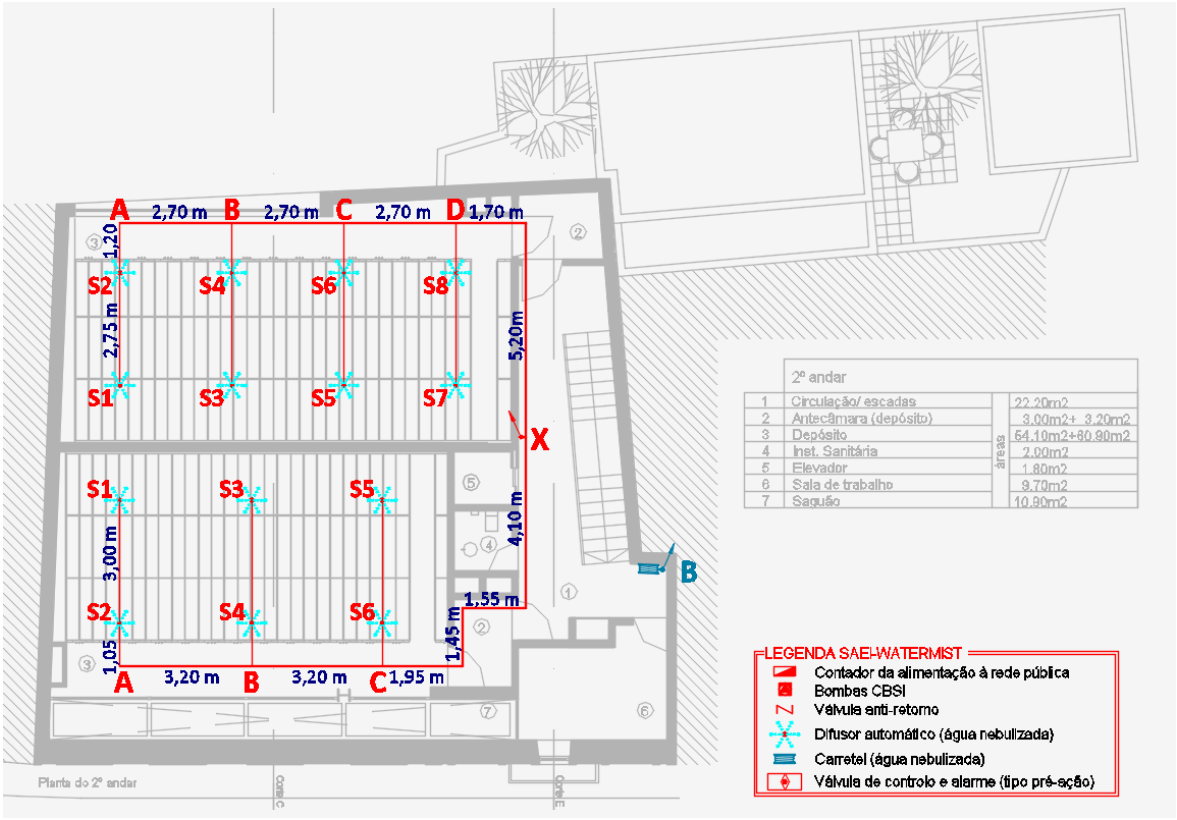


Figura 4.28 – Configuração do SAEI por água nebulizada no 2.º andar.

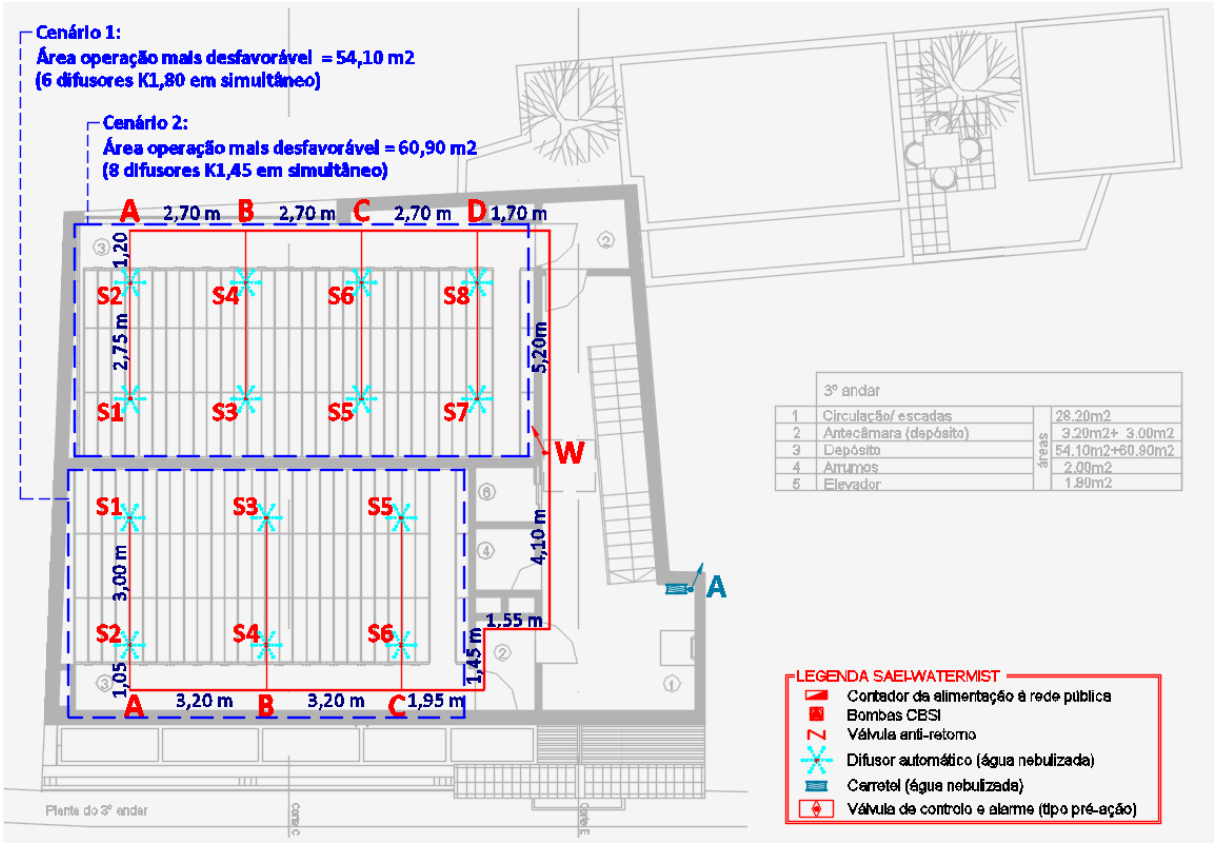


Figura 4.29 – Configuração do SAEI por água nebulizada no 3.º andar.

4.6.4 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

Para o dimensionamento hidráulico do sistema por água nebulizada é necessário, antes de mais, determinar a área de funcionamento mais desfavorável.

Como já foi referido, não se considera verosímil que ocorra um incêndio em mais do que um compartimento do edifício em estudo, assim, tendo em conta o dimensionamento feito para a rede de sprinklers, agora sem cortinas de água, considera-se que a área de operação expectável da rede de água nebulizada, corresponderia ao arquivo existente no 3.º andar, com uma área útil de 60,90 m^2.

No entanto, enquanto que os sprinklers dão uma proteção por superfície de compartimento, os difusores de água nebulizada dão uma proteção volumétrica aos compartimentos. Assim, os coeficientes de descarga dos difusores podem ser diferentes entre compartimentos com volumes diferentes.

Por estes motivos, consideram-se vários cenários de funcionamento da rede de água nebulizada, como se representa na Figura 4.30.

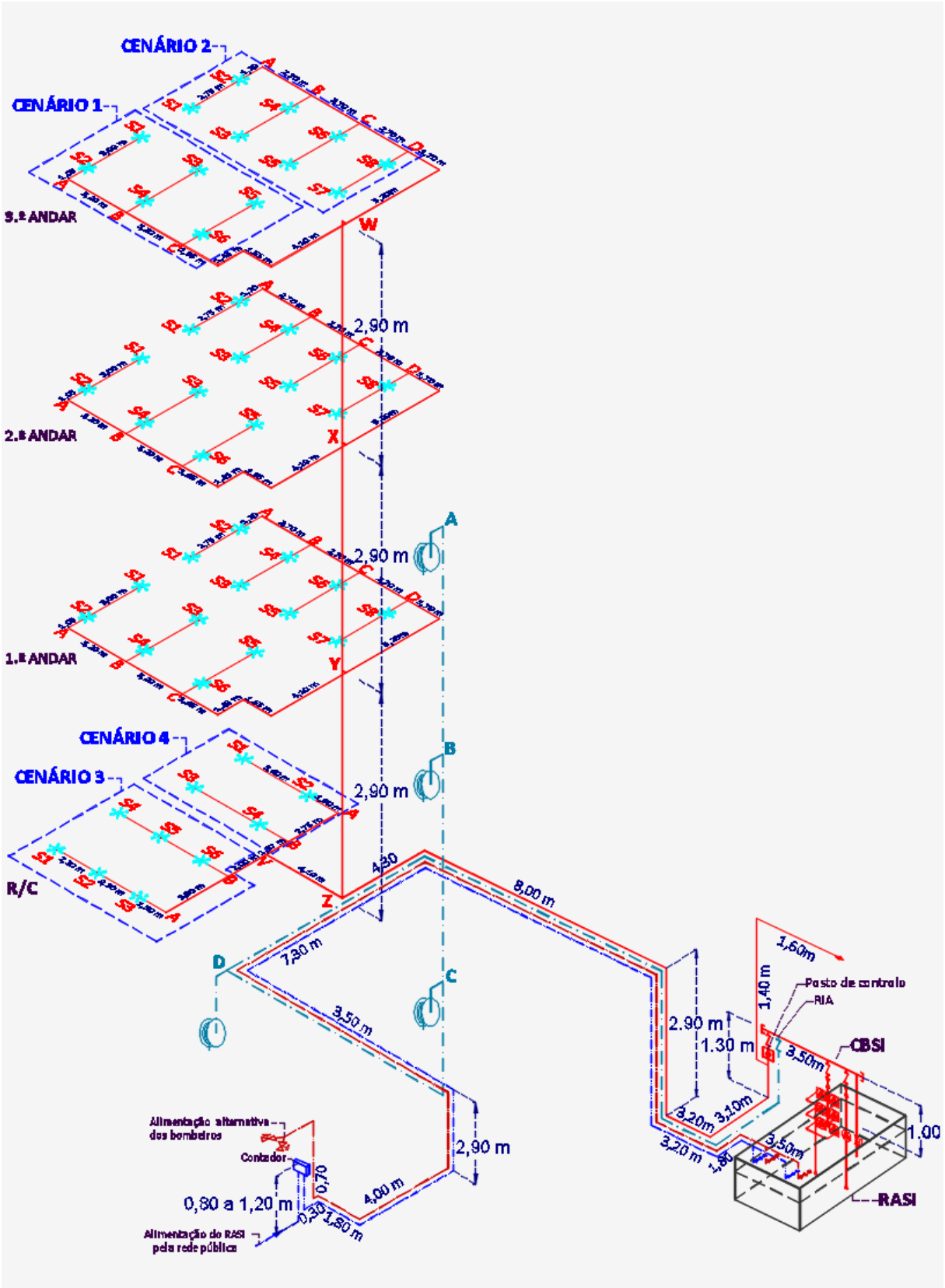


Figura 4.30 – Isometria do SAEI por água nebulizada com os cenários de cálculo considerados.

Resumindo, os cenários considerados para o cálculo hidráulico foram os seguintes:

- Cenário 1 – Arquivo do 3.º andar, com área de operação de 54,10 m^2, com 6 difusores com K1,8 em funcionamento simultâneo (por se encontrar mais distante que todos os outros);
- Cenário 2 – Arquivo do 3.º andar, com área de operação de 60,90 m^2, com 8 difusores com K1,45 em funcionamento simultâneo (por ser o compartimento com o maior volume e por ser o mais distante a seguir ao anterior);
- Cenário 3 – Arquivo do r/c, com área de operação de 55,70 m^2, com 8 difusores com K1,8 em funcionamento simultâneo (por ter um volume próximo do arquivo maior do 3.º andar e os difusores terem um coeficiente de descarga maior, podendo resultar num caudal maior);
- Cenário 4 – Arquivo do r/c, com área de operação de 39,40 m^2, com 4 difusores com K1,8 em funcionamento simultâneo (apenas para determinar os diâmetros da tubagem).

Quanto aos parâmetros de dimensionamento hidráulico, consideraram-se os seguintes:

- Área de operação mínima de 216 m^2, conforme preconizado na APSAD D2 [69], considerada igual à área de operação exigida na norma EN 12845 [16], para a classe de risco OH 3 e para sistemas do tipo pré-ação, ou, a área do compartimento a proteger do cenário mais desfavorável (a menor das áreas);
- Densidade de projeto mínima para os aspersores de teto ≥ 1,8 l/ min. m^2 (valor do ensaio real da HI-FOG [93]);
- Área de cobertura máxima por aspersor de teto ≤ 12,25 m^2 (valor do ensaio real da HI-FOG [93]);
- Fator de descarga dos difusores: K = 1,8 l/min/ bar^{0,5} (difusor "4S 1MC 8MB 1100" da HI-FOG) e K = 1,45 l/min/ bar^{0,5}(difusor "1N 1MB 6MB 100A" da HI-FOG);
- Fator de descarga dos carretéis de água nebulizada: K = 3,7 l/min/ bar^{0,5} (carretel "A20500" da HI-FOG);
- Pressão mínima para descarga dos aspersores ≥ 80 bar (valor do ensaio real da HI-FOG [93]);
- Tubagem a utilizar - Tubos de aço inox austenítico, soldados longitudinalmente, da classe AISI 316, fabricados de acordo com a DIN 17457, sendo que os seus diâmetros e pressões de rotura se apresentam no anexo E.2;
- Tempo de descarga máximo de 60s após ativação de qualquer um dos difusores, uma vez que se considerou um sistema do tipo pré-ação;
- Perdas de cargas máximas admissíveis – Considerou-se um valor máximo de 60 bar em perdas de carga ao longo da rede, tendo em conta que as pressões disponibilizadas pelas bombas de alta pressão do sistema HI-FOG são, designadamente, de 110 bar ou de 140 bar (pressão standard).

O procedimento de cálculo hidráulico da rede de água nebulizada segue os seguintes passos principais:

- Determina-se o caudal de descarga mínimo em cada difusor, de forma a garantir a densidade de descarga mínima, através da expressão (4.9):

$$q_{unit} = \frac{A_0}{N_s} \quad (4.16)$$

onde:
q_{unit} — é o caudal unitário a debitar por um difusor (l/min);
A_o — é a área de operação considerada para a rede de água nebulizada (m^2);
N_s — é o número de difusores existentes na área de operação, ou seja, o número de difusores em funcionamento simultâneo expectável.

- Determina-se a pressão dinâmica mínima, necessária no difusor mais desfavorável, para que seja garantida a densidade de descarga mínima e a pressão mínima de 80 bar, através da expressão (4.10):

$$P_s = 100 \times \frac{{q_{unit}}^2}{K^2} \quad (4.17)$$

onde:
P_s — é a pressão no difusor mais desfavorável (kPa);
q_{unit} — é o caudal unitário a debitar por um difusor (l/min);
K — é o coeficiente de descarga dos difusores ($l.min^{-1}.kPa^{-1/2}$).

- Prossegue-se com o cálculo hidráulico, tramo a tramo, desde o difusor mais desfavorável, percorrendo o caminho mais crítico, até à válvula de controlo da rede, de jusante para montante, relacionando a pressão a montante de um determinado troço, com a pressão a jusante do troço seguinte;
- As perdas de carga contínuas determinam-se através da fórmula de Darcy-Weishbach, conforme recomendado pela NFPA 750 [70], para velocidades de escoamento superiores a 7,6 m/s;
- As perdas de carga localizadas, foram determinadas através do método dos comprimentos equivalentes, conforme recomendado na NFPA 750 [70] e cujos valores se apresentam no Quadro 5.12 do anexo D.2.8, que permite determinar as perdas de carga localizadas de qualquer material, aplicando coeficientes de correlação ao material utilizado (neste caso o aço inox);
- A velocidades determinam-se pela fórmula da continuidade, fixando os diâmetros, podendo estes ser alterados posteriormente, de forma a cumprir os limites máximos para as perdas de carga (60 bar);
- O caudal necessário num ramal de distribuição, para alimentar um determinado sub-ramal a ele ligado, obtém-se através da expressão (4.11):

$$Q_{rd} = K_r \times \sqrt{\frac{P_{rm}}{100}} \quad (4.18)$$

onde:
Q_{rd} — é o caudal num ramal de distribuição (l/min);
P_{rm} — é a pressão proveniente do ramal alimentado pelo ramal de distribuição, ou seja, é a pressão no nó a montante do último tramo desse ramal secundário (kPa);
K_r — é o coeficiente de descarga do ramal alimentado pelo ramal de distribuição em ($l.min^{-1}.kPa^{-1/2}$), determinado de acordo com a expressão (4.12):

$$K_r = \frac{Q_r}{\sqrt{\frac{P_{mr}}{100}}} \quad (4.19)$$

onde:
Q_r — é o caudal no último nó de um determinado ramal (l/min);
P_{rj} — é a pressão no último nó com alguma derivação um determinado ramal, ou seja, é a pressão a jusante do último troço desse ramal (kPa).

Os cálculos necessários para o dimensionamento da rede de água nebulizada foram efetuados com recurso a folhas de cálculo auxiliares, elaboradas com o intuito de permitir calcular de forma mais célere

e sistemática os vários cenários de cálculo, sendo apresentadas nos anexos A.4.7 (SAEI-Cenário 1), A.4.8 (SAEI-Cenário 2), A.4.9 (SAEI-Cenário 3), A.4.10 (SAEI-Cenário 4) e A.4.11 (RIA).

Constatou-se também, que a utilização do método dos comprimentos equivalentes simplificado para a determinação das perdas de carga localizadas (considerando um acréscimo de 30% ao comprimento de cada troço de tubagem), origina erros entre 2 a 6 %, relativamente à utilização do método recomendado pela NFPA 750 [70]. Julga-se que este erro ter resultado num baixo valor, deve-se ao facto das velocidades de escoamento atingidas no SAEI não serem muito superiores aos 7,6 m/s.

Apresentam-se na Figura 4.31, os diâmetros finais considerados para a rede de água nebulizada, obtidos no dimensionamento hidráulico.

Os valores do caudal e da pressão na tubagem de compressão, obtidos em cada cenário de cálculo considerado, apresentam-se no Quadro 4.13:

Quadro 4.13 – Caudal e altura de compressão, em cada cenário de cálculo considerado.

Situação de abastecimento	$H_{,c}$ (m.c.a)	$Q_{,nom}$ (l/min)
CENÁRIO 1: SAEI - Watermist (Arquivo 54,10 m² - 3º andar)	122,22	99,50
CENÁRIO 2: SAEI - Watermist (Arquivo 60,90 m² - 3º andar)	115,36	83,28
CENÁRIO 3: SAEI - Watermist (Arquivo 55,70 m² - R/C)	114,56	103,21
CENÁRIO 4: SAEI - Watermist (Arquivo 54,10 m² - R/C)	108,33	54,09
CENÁRIO 5: RIA - Watermist	113,88	66,19

Verifica-se que a situação mais desfavorável de funcionamento da rede de água nebulizada, ocorre no cenário 1, referente ao arquivo do 3.º andar, onde, apesar de apresentar um volume maior que o outro arquivo existente no 3.º andar, foi dotado de difusores com um coeficiente de descarga superior, resultando em maiores caudais e, por consequência, numa maior perda de carga ao longo da tubagem (para além de ser o compartimento mais distante hidraulicamente).

Relativamente ao limite de 60s para o tempo máximo de descarga, o cenário 1 é também o cenário mais desfavorável, uma vez que corresponde ao compartimento mais distante da válvula de controlo (conduzindo assim a um maior comprimento de tubagem). A verificação do tempo de descarga máximo foi feita simultaneamente nas folhas de dimensionamento das redes, da forma que se apresenta na expressão (4.20) relativa ao referido cenário 1.

$$t = \sum \frac{Li}{Ui} = \frac{L_{S1-S2}}{U_{S1-S2}} + \frac{L_{S2-A}}{U_{S2-A}} + \frac{L_{A-B}}{U_{A-B}} + \frac{L_{B-C}}{U_{B-C}} + \frac{L_{C-W}}{U_{C-W}} + \frac{L_{W-VC}}{U_{W-VC}} =$$

$$= \frac{3{,}00}{3{,}74} + \frac{4{,}25}{4{,}11} + \frac{3{,}20}{5{,}46} + \frac{9{,}05}{8{,}25} + \frac{31{,}50}{4{,}79} =$$

$$= 10{,}1s \leq 60s \text{ (ok!)} \qquad (4.20)$$

onde:
t – é o tempo de descarga desde a válvula de controlo ao difusor mais distante (s);
L_i - é o comprimento do troço i (m);
U_i – é a velocidade de escoamento da água no troço i (m/s).

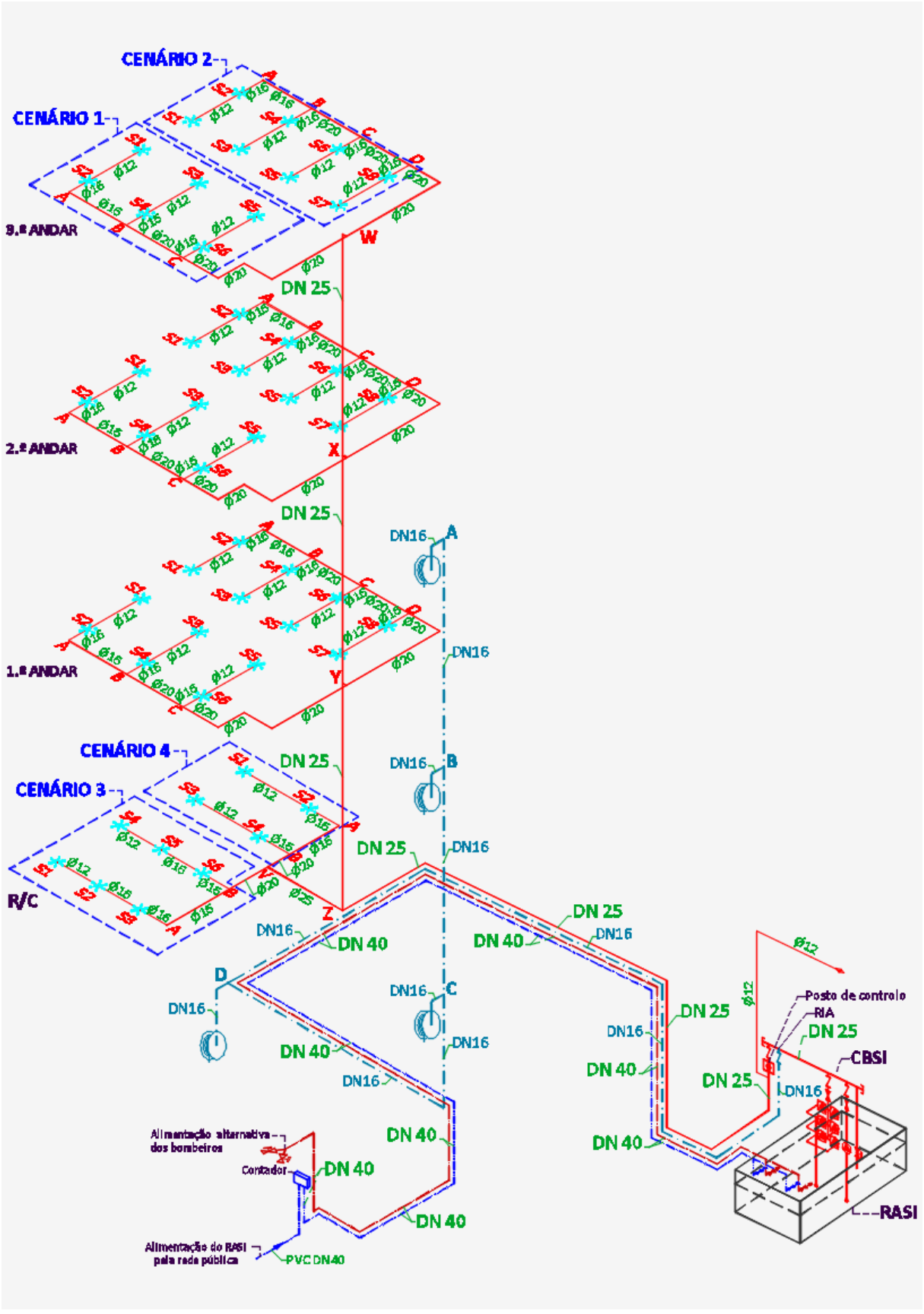


Figura 4.31 – Diâmetros finais da rede de água nebulizada (cálculo hidráulico).

Como já visto, a central de bombagem do serviço de incêndio terá de disponibilizar água, em condições adequadas de caudal e pressão, para a situação mais desfavorável, para o funcionamento em simultâneo nos meios de extinção automáticos e manuais.

Assim, para determinar a situação mais desfavorável para a CBSI, foram considerados os seguintes cenários de funcionamento:

- Cenário 1 – Arquivo do 3.º andar, com área de operação do SAEI de 54,10 m^2 (maior pressão);
- Cenário 3 – Arquivo do r/c, com área de operação do SAEI de 55,70 m^2 (maior caudal);
- Cenário 5 – RIA por água nebulizada (acréscimo de caudal);
- Cenário 6 – Situação mais desfavorável, resultante da consideração da RIA por água nebulizada em funcionamento simultâneo, no cenário 1 (maior pressão) e no cenário 3 (maior caudal).

Para obter a altura de aspiração, procedeu-se ao dimensionamento da conduta de aspiração, respeitando-se o limite de velocidade a 1,5 m/s, preconizado na norma europeia EN 12845 [16] para situações de aspiração negativa, resultando num tubo DN 80 mm e numa altura de aspiração de 0,33 bar, conforme apresentado na folha de cálculo do anexo A.6.1.

Somando à altura de aspiração, a altura de compressão mais desfavorável, chegou-se à altura manométrica total exigida à CBSI e, com o caudal de cálculo do cenário de funcionamento mais desfavorável e determinou-se o ponto e funcionamento mais desfavorável exigido para a CBSI (cenário 6), cujos valores se apresentam no Quadro 4.14.

Quadro 4.14 – Valores de caudal e pressão mais desfavoráveis para dimensionamento da CBSI.

Situação de abastecimento	Hc (bar)	Ha (bar)	$H_{,nom}$ Ha+Hc (bar)	$Q_{,SOB}$ $1{,}4.Q_{,nom}$ (l/min)
Cenário 1: SAEI - Watermist (Arquivo 54,10 m^2 - 3º andar)	122,22	0,31	122,53	139,29
Cenário 2: SAEI - Watermist (Arquivo 60,90 m^2 - 3º andar)	115,36	0,31	115,67	116,59
Cenário 3: SAEI - Watermist (Arquivo 55,70 m^2 - R/C)	114,56	0,31	114,87	144,49
Cenário 4: SAEI - Watermist (Arquivo 54,10 m^2 - R/C)	108,33	0,30	108,64	75,73
Cenário 5: RIA - Watermist	113,88	0,31	114,18	92,66
Cenário 6: RIA + SAEI ("Cenário 1 + Cenário 5")	122,22	0,31	122,53	237,16

Para o fornecimento de tão altas pressões, considera-se a utilização de bombas de pistão, em que a pressão tem uma influência irrelevante no caudal fornecido, sendo este essencialmente, função do volume de água deslocado pelos pistões por ciclo de rotação, daí serem também conhecidas por bombas volumétricas.

Para a gama de pressões obtidas (máximo de 122,53 bar), considera-se então as bombas de pistão da HI-FOG com capacidade de pressurização da água a 140 bar.

Para a gama de caudais (237,16 l/min) considera-se um grupo de bombagem com quatro bombas a funcionar em paralelo, tendo sido proposto o modelo MSPU04 da HI-FOG, que tem capacidade para debitar até 390 l/min (superior ao necessário, contudo foi apresentado como o mais indicado para esta gama de caudais).

A CBSI proposta MSPU04 da HI-FOG é constituída pelos seguintes componentes principais, cuja configuração-tipo após montagem se apresenta na Figura 4.32

- 4 eletrobombas de pistão (27 kW);
- 1 eletrobomba auxiliar (jockey) para regular a pressão aos 40 bar;
- 1 eletrobomba auxiliar para ferragem automática das bombas, através da pressurização permanente do coletor de aspiração;
- 1 circuito de alívio de pressão com válvulas de segurança;
- 1 coletor de compressão;
- 1 coletor de aspiração;
- 1 coletor de provas;
- 1 quadro elétrico de controlo do grupo de bombagem;
- 1 alimentação alternativa de energia (p.e. gerador).



Figura 4.32 – Central de bombagem para o serviço de incêndio – HI-FOG MSPU04.

4.6.5 AUTONOMIA DO SISTEMA POR ÁGUA NEBULIZADA

A autonomia de um sistema de água nebulizada depende da classe de risco e do nível de proteção requerido.

Neste caso teve-se em conta as seguintes considerações normativas:

- A NFPA 750 [70] preconiza uma autonomia de 60 min. para riscos ordinários (OH);
- A Pr EN 14972[71] preconiza uma autonomia de 30 ou 60 min., consoante o risco a proteger;
- O RT-SCIE [78] exige uma autonomia de 60 min. para UT XI (arquivos) como já visto.
- A APSAD D2 [69] preconiza que seja garantida uma autonomia mínima de 60 minutos, quando se trata da proteção de arquivos, para efeitos de controlo ou para supressão dos incêndios.

Tendo em conta que o referencial Francês [69], apresenta medidas especificas para garantir a supressão ou o controlo do incêndio em arquivos, considera-se adequado considerar as suas especificações em primeiro lugar, que neste caso, coincidem com a autonomia especificada na legislação Portuguesa [78], ou seja, 60 minutos.

A determinação da capacidade do RASI foi feita numa folha de cálculo, que se apresenta no anexo A.5.1, de forma a garantir o fornecimento de água nebulizada para o SAEI e para a RIA de 1.ª intervenção, durante 60 minutos, tendo-se obtido um volume útil final de 10,16 m^3, como se exemplifica também na expressão (4.21):

$$C = \frac{(Q_1 + Q_S)}{1000} \times T = \frac{(66{,}19 + 103{,}21)}{1000} \times 60 = 10.163{,}79\ L \tag{4.21}$$

onde:
C — é a capacidade do reservatório, em L;
Q_1 — é o caudal de alimentação das redes de 1ª intervenção em L/min;
Q_S — é o caudal de alimentação das redes de extinção automática, em L/min;
T — é o tempo de autonomia do sistema, em minutos.

Por fim, a conduta adutora de água ao RASI, foi dimensionada impondo um tempo de reposição do nível máximo, inferior a 2 horas, como se indica na folha de cálculo do anexo A.5.1 e conforme se exemplifica na expressão (4.22),(4.15) resultado da aplicação da fórmula da continuidade, fixando uma velocidade aconselhável de 2 m/s e um caudal de adução que cumpra o tempo de reposição atrás referido:

$$\emptyset = \sqrt{\frac{4.Q}{U.\pi}} = \sqrt{\frac{4.\frac{V}{t_r}}{U.\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times \frac{10{,}16}{2 \times 60 \times 60}}{2{,}00 \times \pi}} \times 1000 = 29{,}98\ mm \rightarrow DN40 \tag{4.22}$$

onde:
Ø – é o diâmetro interior teórico da conduta adutora (mm);
U – é a velocidade de escoamento da água (m/s), adotando-se o valor de 2 m/s;
Q - é o caudal de adução (m^3);
V - é o volume do RASI (m^3);
t_r - é o tempo de reposição do RASI (s), tendo-se considerado um valor de 2 horas.

4.7 ANÁLISE TÉCNICO-ECONÓMICA DOS SAEI ESTUDADOS

4.7.1 ANÁLISE DE SOLUÇÕES DE PROTEÇÃO DE ENVIDRAÇADOS ATRAVÉS DE CORTINAS DE ÁGUA

Como já foi referido atrás, sobre as particularidades da compartimentação corta-fogo do edifício em estudo, é necessário dotar alguns dos envidraçados de resistência ao fogo EI 90.

Como solução de base, considerou-se a utilização de envidraçados com camadas intermédias de gel intumescente, que lhes confere propriedades de resistência ao fogo EI 90, de uma forma inteiramente passiva, conforme exemplo da Figura 4.33.

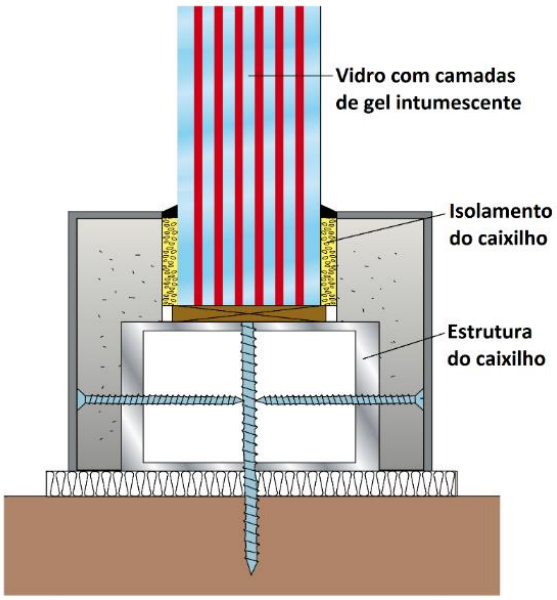


Figura 4.33 – Constituição típica de envidraçados resistentes e isolantes ao fogo (EI). Adaptado de: [94].

No entanto, à data e no mercado nacional, este tipo de envidraçados constituem soluções construtivas consideravelmente dispendiosas.

Pretende-se aproveitar as especificidades construtivas deste caso de estudo, para avaliar as expectáveis vantagens económicas na utilização de cortinas de água, para proteção deste tipo de vãos envidraçados, com requisitos corta-fogo.

As soluções de que se pretendem estudar, consistem em utilizar envidraçados com resistência ao fogo inferior à exigida regulamentarmente, compensada pela proteção adicional de cortinas de água, com um tempo de funcionamento tal, que cubra a resistência ao fogo requerida (Figura 4.34).

Contudo, não é adequado utilizar um vidro sem nenhuma resistência ao fogo, uma vez que a ativação das cortinas de água não é imediata, nem a descarga de água é perfeitamente uniforme, podendo o vidro ficar sujeito a altas temperaturas por alguns segundos e, depois, ser bruscamente arrefecido pela água descarregada após atuação das cortinas, provocando temperaturas diferenciais ao longo da espessura dos vidros, podendo originar fortes tensões internas.

Assim, deve ser utilizado vidro com resistência ao choque térmico, como seja, o vidro cerâmico, ou outro tipo de vidro, com estabilidade ao fogo, "E", durante alguns minutos, para fazer face ao tempo que leva até à atuação da cortina de água, resistindo às diferenças de temperatura, sem quebrar.

Também os caixilhos de suporte dos vidros, devem garantir estabilidade ao fogo, "E", durante alguns minutos, de forma a garantir a estabilidade do conjunto até à ativação das cortinas de água.

Para definir esse tempo mínimo de integridade a garantir nos envidraçados, toma-se como referência o preconizado no artigo 8 do RT-SCIE [78], que exige uma resistência mínima EI 30, nas fachadas não tradicionais, protegidas com cortinas de água.

Note-se que a estabilidade ao fogo do conjunto, caixilho mais vidro, deve ser comprovada por ensaios.



Figura 4.34 – Cortina de água de proteção a um envidraçado. Adaptado de: [34].

Assim, dadas as soluções mais difundidas no mercado nacional, irão analisar-se as seguintes soluções de envidraçados protegidos com cortinas de água:

- Solução alternativa 1 - Utilização de envidraçados "corta-fogo" EI30, complementados com cortinas de água a funcionar durante 60 min;
- Solução alternativa 2 - Utilização de envidraçados "para-chamas" E30, complementados com cortinas de água a funcionar durante 90 min.

Para a avaliação económica destas duas alternativas construtivas, foi necessário estimar vários custos, relativos não só aos envidraçados das diferentes classes de resistência ao fogo e às cortinas e água, mas também, à rede de carretéis e aos equipamentos relacionados com os meios de extinção hidráulicos, como sejam os RASI e as CBSI.

Antes de determinar os custos, foi necessário considerar uma rede hidráulica, dedicada exclusivamente ao abastecimento das cortinas de água, cuja configuração se apresenta na Figura 4.35.

O dimensionamento da rede exclusiva para as cortinas de água, foi feito na folha de cálculo apresentada no anexo A.4.6.

O dimensionamento do RASI para alimentação das cortinas de água foi realizado em folhas de cálculo, para as duas soluções consideradas, nomeadamente:

- Folha de cálculo apresentada no anexo A.5.2 - RASI para fornecimento dos carretéis e cortinas de água durante 60 minutos;
- Folha de cálculo apresentada no anexo A.5.3 - RASI para fornecimento dos carretéis durante 60 minutos e, das cortinas de água durante 90 minutos.

A potência da CBSI, para fornecimento de água em condições adequadas de caudal e pressão às cortinas de água, considerando o funcionamento em simultâneo com os meios de extinção manual (carretéis), resultou em 4,38 kW, para o ponto de trabalho nominal, considerando um rendimento da bomba de 70%, um caudal nominal de 7,5 l/s e uma altura manométrica de 41,61 mca, conforme descrito na folha de cálculo apresentada no anexo A.6.1.

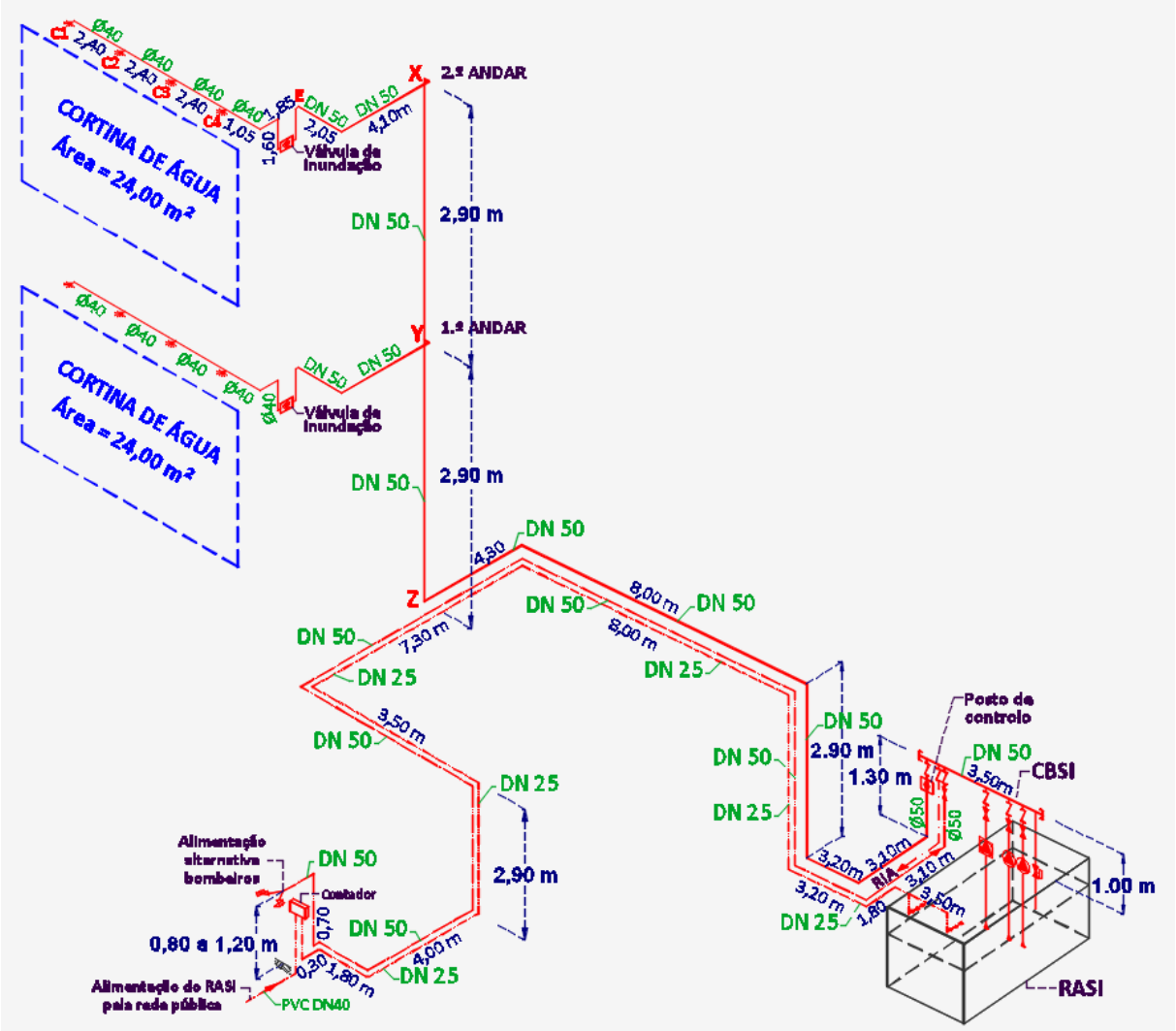


Figura 4.35 – Isometria da rede de cortinas de água.

Depois de dimensionada a rede das cortinas de água, determinaram-se as estimativas orçamentais de:

- Instalação apenas da rede de carretéis (Anexo B.2.1);
- Instalação apenas da rede das cortinas de água (Anexo B.2.2).

Relativamente aos custos devidos ao volume adicional de armazenagem de água, determinaram-se as estimativas orçamentais de:

- RASI apenas para fornecimento dos carretéis durante 60 minutos (Anexo B.2.4);
- RASI para fornecimento dos carretéis e cortinas de água durante 60 minutos (Anexo B.2.5);
- RASI para fornecimento dos carretéis durante 60 minutos e, das cortinas de água durante 90 minutos (Anexo B.2.6).

Relativamente aos custos devidos ao acréscimo de potência da CBSI, foram considerados os seguintes orçamentos facultados pelo fabricante de bombas hidráulicas, EFAFLU:

- CBSI apenas para funcionamento dos carretéis (Anexo B.2.9);
- CBSI para funcionamento em simultâneo das cortinas de água e carretéis (Anexo B.2.10).

Quanto aos custos dos envidraçados, foram considerados os seguintes orçamentos facultados pelo fabricante de sistemas envidraçados resistentes ao fogo, TECOPE:

- Envidraçados com resistência ao fogo ("corta-fogo") EI90 (Anexo B.1.1);
- Envidraçados com resistência ao fogo ("corta-fogo") EI30 (Anexo B.1.2);
- Envidraçados com resistência ao fogo ("para-chamas") EW30 (Anexo B.1.3).

Considerando o custo dos elementos construtivos e das instalações a ter em conta, de forma integrada, em cada solução estudada para proteção dos envidraçados com requisitos corta-fogo, obtiveram-se os custos de construção de cada solução considerada, conforme se apresenta no Quadro 4.15.

Quadro 4.15 – Custos associados a cada solução resistente ao fogo estudada para os envidraçados.

Elementos construtivos e instalações consideradas	**Solução 1 (base): envidraçados EI90**	**Solução 2: envidraçados EI30 + cortinas 60min.**	**Solução 3: envidraçados EW30 + cortinas 90min.**
Envidraçado EI 90	56 766,20 €		
Envidraçado EI 30		43 212,00 €	
Envidraçado EW 30			36 500,00 €
Rede de carretéis	2 993,91 €	2 993,91 €	2 993,91 €
Rede de cortinas de água		6 457,69 €	6 457,69 €
CBSI para carretéis	19 398,27 €		
CBSI para carretéis + cortinas de água		19 861,73	19 861,73
RASI para carretéis 60 min.	6 959,67 €		
RASI para carretéis 60 min + cortinas 60 min.		10 695,25 €	
RASI para carretéis 60 min + cortinas 90 min.			11 769,84 €
Custo total da solução (€)	86 118,05 €	83 220,58 €	77 583,17 €
Área de envidraçados (m^2)	48,00	48,00	48,00
Custo do envidraçado por unidade de área (€/m^2)	1 182,63 €	900,25 €	760,42 €
Custo da solução global por unidade de área (€/m^2)	1 794,13 €	1 733,76 €	1 616,32 €
Variação de custos em relação à solução base (€)	0,00 €	-2 897,46 €	-8 534,88 €
Variação de custos em relação à solução base (%)	0,00%	-3,36%	-9,91%

Comparando os custos de cada solução alternativa, com a solução de base que utiliza apenas a capacidade resistente ao fogo do envidraçados, EI 90, determina-se a redução de custo conseguida na utilização das soluções alternativas analisadas.

Verifica-se assim que, optar por um envidraçado com menor resistência ao fogo, quer seja EI 30 ou EW 30, permite cobrir todos os custos relativos às cortinas de água, não só o custo da instalação em si, como também, os custos devidos ao acréscimo de potência da CBSI e ao acréscimo do volume necessário para o RASI.

A vantagem final nos custos de construção é na ordem de 3% (aproximadamente 2.900€), ao optar por envidraçados EI 30 e, de cerca de 10% (aproximadamente 8.500€) ao optar por envidraçados EW 30.

Contudo, importa salientar que esta vantagem se verifica neste caso em particular, onde, na solução de base, há desde logo a necessidade de instalar uma rede de carretéis, alimentada por uma fonte privativa de água, constituída por um RASI com autonomia de 60 minutos e uma CBSI.

Para casos em que não exista necessidade de instalar uma fonte privativa de água, pode já não se verificarem vantagens económicas em utilizar cortinas de água.

Por outro lado, se considerarmos a eventualidade de ocorrer um incêndio ao longo da vida útil do edifício, a substituição de um envidraçado EI90, passará a duplicar (ou a multiplicar) os custos destas soluções do tipo passivo.

Para ser feita uma análise ao longo do tempo de vida útil do edifício, de forma completa, também haveriam de ser considerados os custos de manutenção das fontes privativas de água, no entanto, neste trabalho, apenas serão tidos em conta os custos de construção iniciais.

Ressalva-se assim que a comparação de soluções feita neste capítulo não pode ser generalizada a outros edifícios, pois qualquer estudo deste género, de forma integrada com todas as medidas de segurança contra incêndio adotadas para cada edifício em particular.

4.7.2 COMPARAÇÃO ECONÓMICA DOS SAEI ESTUDADOS

Depois de dimensionados os diferentes SAEI aplicados no caso de estudo, é possível estimar com facilidade os seus custos de instalação, de forma a poder compará-los entre si, de um ponto de vista de económico.

No entanto, os sistemas automáticos de extinção de incêndio, estão sempre integrados com as outras soluções de segurança contra incêndio aplicadas no edifício, como sejam, outros meios de proteção ativa, como por exemplo, meios de extinção manual, ou, com os meios de proteção passiva, como por exemplo, a utilização de envidraçados com maior ou menor classe de resistência ao fogo, que variam de acordo com as particularidades de cada um dos SAEI estudados.

Assim, considera-se que a análise económica dos SAEI estudados, deve considerar os custos de outros meios de proteção que, de uma forma integrada, têm de ser utilizados no edifício, juntamente com cada um dos diferentes SAEI.

As soluções integradas de segurança contra incêndios, relativas a cada SAEI estudado, são as seguintes:

- Solução 1: SAEI Gás IG55 + Envidraçados EI 90 + RIA (com autonomia de 60 min);
- Solução 2: SAEI Gás NOVEC 1230 + Envidraçados EI 90 (“corta-fogo 90 min.”) + RIA (com autonomia de 60 min);
- Solução 3: SAEI Sprinklers (com autonomia de 60 min.) + Cortinas de água (com autonomia de 60 min.) + Envidraçados EI 30 (“corta-fogo 30 min.”) + RIA (com autonomia de 60 min);
- Solução 4: SAEI Sprinklers (com autonomia de 90 min.) + Cortinas de água (com autonomia de 90 min.) + Envidraçados EW 30 (“para-chamas 30 min.”) + RIA (com autonomia de 60 min);
- Solução 5: SAEI Watermist (com autonomia de 60 min) + RIA Watermist (com autonomia de 60 min.).

Para a avaliação económica destas cincoo soluções, foi necessário estimar vários custos, relativos não só à instalação dos SAEI, mas também, aos envidraçados das diferentes classes de resistência ao fogo, à rede de carretéis e aos equipamentos relacionados com os meios de extinção hidráulicos, como sejam, os RASI e as CBSI.

Relativamente aos custos das próprias redes, determinaram-se as estimativas orçamentais de:

- Instalação da rede de carretéis (Anexo B.2.1);
- Instalação do SAEI - Sprinklers com cortinas de água (Anexo B.2.3).

Relativamente aos custos devidos ao volume adicional de armazenagem de água, determinaram-se as estimativas orçamentais de:

- RASI apenas para fornecimento dos carretéis durante 60 minutos (Anexo B.2.4);
- RASI para fornecimento dos carretéis, sprinklers e cortinas de água, durante 60 minutos (Anexo B.2.7);
- RASI para fornecimento dos carretéis durante 60 minutos e, dos sprinklers e cortinas de água durante 90 minutos (Anexo B.2.8).

Relativamente aos custos devidos ao acréscimo de potência da CBSI, foram considerados os seguintes orçamentos facultados pelo fabricante de bombas hidráulicas, EFAFLU:

- CBSI apenas para funcionamento dos carretéis (Anexo B.2.9);
- CBSI para funcionamento em simultâneo, dos sprinklers, cortinas de água e carretéis (Anexo B.2.11).

Quanto aos custos dos envidraçados, foram considerados os seguintes orçamentos facultados pelo fabricante de sistemas envidraçados resistentes ao fogo, TECOPE:

- Envidraçados com resistência ao fogo (“corta-fogo”) EI90 (Anexo B.1.1);
- Envidraçados com resistência ao fogo (“corta-fogo”) EI30 (Anexo B.1.2);
- Envidraçados com resistência ao fogo (“para-chamas”) EW30 (Anexo B.1.3).

Relativamente ao custo global dos SAEI por gás, obtiveram-se as estimativas orçamentais de:

- SAIE – Gás NOVEC 1230 (Anexo B.3.1), facultado pela empresa P2i/ VIANAS;
- SAIE – Gás IG 55 (Anexo B.3.2), facultado pela empresa SEPREVE.

Relativamente ao custo global dos SAEI por gás, obteve-se a estimativa orçamental de:

- SAEI – Watermist (Anexo B.4).

Considerando o custo dos elementos construtivos e das instalações utilizadas, de forma integrada, juntamente com cada SAEI estudado, obtiveram-se os custos de construção de cada solução considerada, conforme se apresenta no Quadro 4.16.

Quadro 4.16 – Custos associados a cada SAEI estudado.

Elementos construtivos e instalações consideradas	**Solução 1 (base): SAEIG IG55 + Envidraçados EI90**	**Solução 2: SAEIG NOVEC + Envidraçados EI90**	**Solução 3: SAEI Sprinklers 60min. + Cortina 60min. + Envidraçados EI30**	**Solução 4: SAEI Sprinklers 90min. + Cortina 90min. + Envidraçados E30**	**Solução 5: SAEI Watermist 60min. Envidraçados EI90**
Envidraçado EI 90	56 766,20 €	56 766,20 €			56 766,20 €
Envidraçado EI 30			43 212,00 €		
Envidraçado EW 30				36 500,00 €	
Rede de carretéis	2 993,91 €	2 993,91 €	2 993,91 €	2 993,91 €	
Rede de sprinklers com cortinas de água			12 827,38 €	12 827,38 €	
CBSI para carretéis	19 398,27 €	19 398,27 €			
CBSI para carretéis + cortinas de água + sprinklers			22 697,18 €	22 697,18 €	
CBSI para SAEI Watermist.					75 000,00 €
RASI para carretéis 60 min.	6 959,67 €	6 959,67 €			
RASI para (carretéis + cortinas + sprinklers) 60 min.			13 384,28 €		
RASI para carretéis 60 min + (cortinas + sprinklers) 90 min.				15 930,69 €	
RASI para Watermist 60 min.					6 514,97 €
SAEI - Gás NOVEC 1230		81 295,37 €			
SAEI - Gás IG 55	119 819,62 €				
SAEI - Watermist					60 012,60 €
Σ (custo total da solução):	205 937,67 €	167 413,42 €	95 114,75 €	90 949,16 €	198 293,77 €
Variação de custos em relação à solução base (€)	0,00 €	-38 524,25 €	-110 822,92 €	-114 988,51 €	-7 643,90 €
Variação de custos em relação à solução base (%)	0,00%	-18,71%	-53,81%	-55,84%	-3,71%

Comparando os custos de cada solução com a do SAEI por Gás IG 55, considerada como solução base, determina-se a redução de custo conseguida na utilização dos outros SAEI estudados.

Verifica-se assim que a solução mais económica é a "solução 4", em que é utilizado um SAEI por sprinklers, cortinas de água com autonomia de 90 minutos e envidraçados EI 30, apresentando uma redução de custos na ordem dos 56 % (aproximadamente 115.000 €), relativamente à solução base.

Contudo, a "solução 3", onde também é utilizado um SAEI por sprinklers e cortinas de água, mas com uma autonomia de 60 minutos e envidraçados E 30, apresenta uma redução de custos na ordem de 54% (aproximadamente 110.000€), muito semelhante à "solução 4", apresentando a vantagem adicional em relação a esta última, de implicar um RASI com um volume muito inferior, cerca de 30% inferior (aproximadamente 17 m^3).

Verifica-se também que o SAEI por gás NOVEC 1230 apresenta uma redução de custos na ordem de 20%, relativamente à solução base por gás IG55. Analisando os orçamentos destes dois sistemas automáticos de extinção por gás, verifica-se que a diferença reside, essencialmente, na quantidade de agente extintor utilizado em cada solução. No SAEI por gás IG 55, são utilizadas 16 garrafas de 80 L, enquanto que no SAEI por gás NOVEC 1230, são utilizadas apenas 8 garrafas de 106 L.

Também por este motivo, salienta-se que qualquer reposição de garrafas ao longo do tempo de vida útil do edifício, apresentará maiores custos no SAEI por IG 55, facto que também pesará na decisão.

Por fim, constatou-se que o SAEI por água nebulizada a alta pressão, mesmo sendo uma tecnologia ainda pouco difundida no mercado nacional, não constitui a solução mais cara das cinco estudadas. Apesar de implicar um grupo de bombagem relativamente dispendioso e de uma instalação com maior resistência à pressão interna, como se trata de uma solução centralizada, torna-se mais económica que a solução por gás inerte, com uma redução de custos na ordem de 4% (aproximadamente 8.000 €).

A solução por água nebulizada de alta pressão apresenta-se mais cara que a solução por gás químico NOVEC 1230 (aproximadamente 18% mais cara), contudo, deverá ser tido em conta que, havendo uma descarga do agente extintor durante o tempo de vida útil do edifício a proteger, o SAEI por água nebulizada torna-se certamente mais competitivo, uma vez que este apenas implica a reposição de cerca 10.500 L de água, cujo custo é insignificante, quando comparado com os 424 L de agente extintor a repor no caso do NOVEC 1230.

Refere-se que apenas se obteve resposta em tempo útil sobre os custos do SAEI por água nebulizada, de uma empresa da especialidade, que se disponibilizou prontamente a fornecer valores indicativos, apesar do curto tempo disponível para resposta. Por isto, julga-se que o custo da solução por água nebulizada poderá ainda resultar em valores ligeiramente mais baixos, após uma análise mais detalhada.

4.7.3 COMPARAÇÃO GLOBAL DOS SAEI ESTUDADOS

Como foi referido no início da análise dos vários SAEI aplicados no caso em estudo, a sua adequabilidade tem em conta vários aspetos, tendo-se destacado os seguintes:

- efeitos nocivos para os ocupantes;
- efeitos nocivos para o meio ambiente;
- eficácia dos mecanismos de extinção aos riscos existentes nos compartimentos;
- forma de armazenamento e distribuição;
- efeitos da descarga na integridade dos compartimentos;
- efeitos da descarga nos bens existentes dentro dos compartimentos;
- custos de instalação e manutenção.

Para facilitar a comparação dos vários SAEI, apresentaram-se essas caraterísticas no Quadro 4.1, no entanto, não havia informação suficiente sobre alguns dos aspetos, como sejam, os custos e o volume necessário para armazenamento do agente extintor.

Após as aplicações feitas no caso de estudo já é possível comparar todos estes aspetos. Assim, apresentam-se no Quadro 4.17 o resumo das principais caraterísticas dos SAEI analisados.

Quadro 4.17 – Resumo das caraterísticas dos SAEI analisados no caso de estudo.

Caraterísticas de agentes extintores a utilizar no SAEI	**Água**		**Gases**	
	Pulverizada	**Nebulizada**	**Inertes**	**Químicos**
	RIA + Cortinas + Sprinklers 60'	**SAEI + RIA 60'**	**IG 55**	**NOVEC 1230**
Efeitos adversos para as pessoas				
Toxicidade	Nenhuma	Nenhuma	Segura	Muito segura
Condutor de corrente elétrica	Sim	Pouco	Não	Não
Impacto ambiental				
ODP	0	0	0	0
GWP	0	0	0	1
ALT (anos)	n.a.	n.a.	n.a.	0,014
Efeitos adversos para os materiais				
Choque térmico nos envidraçados	Não	Não	Não	Sim
Sobrepressões em compartimentos	Não	Não	Sim	Sim
Danos nos documentos de papel	Sim	Poucos	Não	Não
Adequabilidade do agente extintor				
Extinção de fogos da classe A	Sim	Sim	Sim	Sim
Extinção de fogos profundos	Não	Não	Sim	Sim
Capacidade de arrefecimento	Sim	Sim	Não	Sim
Volume de agente extintor	45 681,48 L	10 163,79 L	2 880,00 L	424,00 L
Custo	95 114,75 €	198 293,77 €	205 937,67 €	167 413,42 €

Verifica-se que o SAEI por água pulverizada é a solução mais económica (cerca de 54% mais económica que a do IG 55), bem como apresenta um bom desempenho ao nível ambiental e ao nível da segurança para os ocupantes. Para além disso, não provoca choque térmico, uma vez que a sua temperatura na descarga será sempre próxima à temperatura ambiente do compartimento, permitindo ainda adotar envidraçados EW30, com proteção adicional com cortinas de água, em detrimento de utilização de envidraçados EI 90, no entanto apresenta várias desvantagens.

A utilização de um SAEI por água pulverizada num arquivo implica danos dos documentos em papel na área de descarga dos sprinklers que forem ativados durante um incêndio. Apesar da água pulverizada ter capacidade de arrefecimento durante a extinção, não tem capacidade de penetrar em fogos que se desenvolvem em profundidade (por exemplo, fogos desenvolvidos no interior das estantes dos arquivos). Outra grande desvantagem é o volume de armazenamento necessário, exigindo uma estrutura

adicional para o reservatório de água (estrutura esta que já seria necessária para alimentação da RIA, embora com volume consideravelmente inferior).

Quanto ao SAEI por gás inerte IG 55, verifica-se que apresenta um ótimo desempenho ambiental, a sua toxicidade permite que seja utilizado em locais com ocupação humana (com tempo de exposição limite), não danifica os bens arquivados e é adequado para fogos da classe A com propensão para desenvolvimento em profundidade, para além disso, não provoca choque térmico sobre os envidraçados durante a descarga.

No entanto, o SAIE por gás IG 55 é a solução mais cara e, tendo em conta que se trata de uma solução não centralizada, onde os cilindros de IG 55 ficam alojados no interior do edifício, o volume para armazenamento do agente extintor é considerável, face ao espaço disponível na arquitetura. Para além disto, o IG 55 não tem capacidade de arrefecimento durante a extinção, o que exige que os compartimentos apresentem uma boa estanquidade, durante o tempo mínimo de sustentação de agente extintor, para fazer face a eventuais reacendimentos.

Constata-se que o SAEI por agente químico NOVEC 1230 apresenta uma toxicidade inferior à do IG 55, sendo uma solução mais segura para a ocupação humana, particularmente, caso existam diferenças volumétricas ao longo do tempo de vida útil do edifício. É um agente extintor adequado para fogos da classe A com propensão para desenvolvimento profundo e tem capacidade de arrefecimento durante a extinção, prevenindo assim eventuais reacendimentos. Para além disso, por ser armazenado no estado líquido, exige um volume de armazenagem consideravelmente inferior ao necessário para o IG 55 (cerca de -85%) e é uma solução mais económica que a do IG 55 (cerca de -19%).

No entanto, o SAEI por NOVEC 1230 apresenta um pior desempenho ambiental entre as soluções, no entanto, comparativamente a outros gases químicos, o seu impacto ambiental é irrelevante. Outro aspeto menos positivo do NOVEC 1230 é a ocorrência de temperaturas baixas durante a descarga, que devem ser consideradas no dimensionamento dos envidraçados face ao choque térmico.

Por fim, verifica-se que o SAEI por água nebulizada de alta pressão, ao contrário do esperado, não constitui a solução mais cara, sendo cerca de 4 % mais económica que a solução por gás inerte.

Tal como a solução por água pulverizada, apresenta um bom desempenho quer ao nível ambiental, quer ao nível da segurança para os ocupantes. Para além disso, no que respeita aos danos provocados nos documentos arquivados, é uma solução muito mais aceitável que os sprinklers.

É adequado para fogos da classe A e tem capacidade de arrefecimento. No entanto apresenta pouca capacidade para extinguir fogos de desenvolvimento do tipo “oculto”, comparativamente às soluções à base de gases.

Constatou-se ainda uma importante vantagem na utilização deste tipo de sistemas, que tem a haver com as reduzidas necessidades de água que implicam, resultando em volumes de armazenamento de água consideravelmente baixos, quando comparados com os SAEI por água pulverizada, tendo-se alcançado uma redução de 67%, em relação ao cenário 3 do SAEI juntamente com a RIA por água pulverizada e descontado das cortinas de água.

5
CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÕES

A realização deste trabalho permitiu, desde logo, adquirir uma visão mais abrangente dos meios de extinção a utilizar na extinção de incêndios em edifícios, quer ao nível da sua integração cronológica no desenvolvimento dos incêndios, quer ao nível da sua integração funcional com outras medidas de segurança implementadas nos edifícios, bem como ao nível da integração com a operacionalidade das equipas de socorro e proteção civil.

Quanto aos meios de extinção automática de incêndios, tema principal deste trabalho, abordaram-se vários aspetos, desde a constituição dos diferentes tipos de sistemas, aplicabilidade de cada um deles, métodos de dimensionamento e custos.

No caso de estudo foi possível comparar de forma efetiva diferentes tipos de sistemas, nomeadamente um sistema automático de extinção à base de água pulverizada, um sistema à base de gases inertes, um sistema à base de gases químicos e, por fim, um sistema à base de água nebulizada de alta pressão.

Procurou-se analisar de forma rigorosa vários aspetos de cada um dos sistemas de extinção, desde o impacto ambiental, toxicidade e segurança para ocupantes do edifício, eficácia face ao tipo de fogos, danos para a estrutura e materiais construtivos do edifício, volumes necessários para armazenamento do agente extintor e custos de instalação.

Constatou-se a necessidade de compatibilizar o SAEI com outras instalações do edifício, como por exemplo, o sistema de deteção e alarme (para fecho das portas dos compartimentos a proteger previamente à descarga), ou o sistema de climatização do edifício (para fecho dos ductos de ar nos compartimentos a proteger previamente à descarga).

Constatou-se também a necessidade de integrar os SAEI com outros meios de extinção manual, como por exemplo, a RIA utilizada para complementar o processo de extinção, depois do controlo/ supressão de incêndio pelo SAEI por água nebulizada.

Verificou-se também a necessidade de ter em conta aspetos construtivos e de integridade estrutural dos compartimentos, como seja, o choque térmico provocado na descarga do agente extintor, sobre os envidraçados (que não sendo considerado poderia pôr em causa a estanquidade e levar à propagação do fogo), ou as sobrepressões ou subpressões geradas no momento de descarga dos SAEI por agentes extintores à base de gás.

Constatou-se ainda que poderiam haver vantagens em considerar um sistema de proteção ativa dos envidraçados com requisitos corta-fogo, através de um sistema de extinção automático com cortinas de água, em alternativa a uma solução de proteção inteiramente passiva, chegando-se à conclusão que há

vantagens na utilização de soluções deste género, quando integradas com redes interiores para extinção manual de primeira intervenção (com uma redução de custos na ordem de 10% para o caso estudado).

Abordou-se o dimensionamento dos vários sistemas, desde os sistemas de gás aos sistemas de água pulverizada, considerando-se para isso as normas Europeias existentes, com particular enfoque na norma NP EN 15004-1 [53] e respetivas partes relativas aos gases químicos e gases inertes, bem como na norma EN 12845 [16] relativa a SAIE por água pulverizada.

Verificou-se que no caso dos SAEI por gás, geralmente, dimensiona-se em primeiro lugar a quantidade de agente extintor e depois, a rede hidráulica é, numa primeira fase, pré-dimensionada de acordo com ábacos dos fabricantes e, posteriormente, é feito o dimensionamento exato pelo fabricante do sistema escolhido, através de métodos de cálculo certificados por ensaios de validação. Abordou-se o método de pré-dimensionamento no SAEI por gás inerte IG 55 e o método de cálculo exato no gás químico NOVEC 1230.

No caso do SAEI por água pulverizada adotou-se, numa primeira fase, o método de dimensionamento por pré-cálculos, por ser a primeira abordagem à EN 12845 [16] e, posteriormente, o método de dimensionamento exato, por cálculos hidráulicos, tendo sido desenvolvidas folhas de cálculo específicas para o efeito. Verificou-se que o dimensionamento exato, permitiu encontrar soluções mais económicas, embora este aspeto não tenha tido muita relevância, uma vez que as redes do caso de estudo apresentam pouca extensão em planta.

No SAEI por água nebulizada, verificou-se que ambas as normas de dimensionamento aplicáveis, nomeadamente a NFPA 750 [70] e a Pr EN 14972 [71], exigem que os sistemas sejam concebidos com base em ensaios à escala real, realizados para cada tipo de utilização a proteger, levados a cabo pelos próprios fabricantes desses sistemas.

Constatou-se que o fabricante MARIOFF realizou já ensaios dos seus sistemas para utilizações em arquivos, com muitas semelhanças com os arquivos a proteger no caso de estudo, de onde se utilizaram alguns parâmetros necessários ao dimensionamento do sistema.

Nos restantes parâmetros, adotou-se o referencial de dimensionamento Francês, APSAD D2 [69], que faz recomendações específicas para proteção de arquivos através de SAEI por água nebulizada.

No referente às bombas volumétricas de pistão, utilizadas para pressurizar a água nebulizada, foi ainda necessário tomar em conta algumas considerações da NFPA 20 [95].

Procurou-se realizar uma análise de custos dos SAEI fundamentada com propostas comerciais de empresas da especialidade, contudo, em alguns casos, como certos meios complementares aos SAEI relevantes para a análise de custos, foi necessário determinar custos através de estimativas orçamentais determinadas para o efeito.

Quanto às conclusões obtidas ao nível de custos, ressalva-se que são válidas apenas para este caso de estudo, não devendo ser extrapoladas para outros casos, uma vez que, como pode verificar-se neste trabalho, é necessário entrar em linha de conta com outras medidas de segurança e com aspetos construtivos específicos de cada edifício em particular.

Quanto à adequabilidade dos SAEI analisados no caso de estudo, conclui-se que todos são válidos para um processo de decisão posterior, apresentando cada um deles, vantagens e desvantagens, descritas em pormenor no capítulo anterior, que poderão servir como fatores de decisão para o dono-de-obra e, espera-se que possam servir como ponto de partida para iniciar estudos semelhantes noutros casos de estudo. Resumidamente, concluiu-se o seguinte:

- SAEI por gás inerte IG 55 é o sistema mais caro, os cilindros necessários para armazenamento do agente extintor ocupam muito espaço no interior do edifício, no entanto, é eficaz na extinção de fogos da classe A com desenvolvimento em profundidade e não provoca choque térmico nos envidraçados durante a descarga;
- A solução do SAEI por gás NOVEC 1230 oferece todas as vantagens do SAEI por IG 55 e, para além dessas, exige muito menos espaço de armazenamento, uma vez que é necessário menos quantidade de agente extintor e, apresenta um custo menor que o IG 55 (cerca de -20%). Contudo, provoca choque térmico na descarga e tem um desempenho ambiental um pouco inferior ao IG 55.
- O SAEI por água pulverizada é o sistema mais económico, no entanto, não tem capacidade de alcançar fogos de desenvolvimento profundo e, é o sistema com mais potencial para causar danos nos documentos em papel. Contudo, sobre este aspeto, refere-se que em 95% dos incêndios ocorridos entre 2007 e 2011 nos EUA, apenas um ou dois sprinklers foram ativados em sistemas automáticos do tipo húmido, conforme apresentado em dados estatísticos da NFPA [96]. Tendo em conta que as áreas de operação por sprinkler no caso de estudo, andam por volta dos 4 a 7 m^2 e, que as áreas dos compartimentos andam por volta dos 40 a 60 m^2, pode dizer-se que, em caso de incêndio, é provável que os danos provocados pela descarga de água do SAIE, fiquem confinados a cerca de 10 % da área de um dos compartimentos a proteger. Por este motivo, apesar do potencial para danificar documentos em papel desta solução, irá manter-se em consideração no caso de estudo, ficando sujeita a avaliação de risco posterior;
- O SAEI por água nebulizada de alta pressão é uma solução já aceitável em termos de danos nos documentos em papel, não provoca choque térmico nos envidraçados, é segura para os ocupantes, é adequada para fogos da classe A e tem capacidade de arrefecimento. Para além disso, consegue ser mais económica que a solução por gás inerte (cerca de -4%) e implica um volume de armazenagem de água muito reduzido, o que é importante, face ao espaço limitado no logradouro. No entanto, a proteção que proporciona aos arquivos é ao nível da supressão ou do controlo do incêndio, ao invés das soluções a gás, que proporcionam uma proteção ao nível da extinção total do incêndio.

As conclusões apontam que a solução por gás NOVEC 1230 é a que preenche a maior quantidade de requisitos, no entanto, o peso de cada requisito pode ser variável, de acordo com uma avaliação de risco posterior do património a proteger, pelo que este trabalho se limita a apresentar as conclusões que possam auxiliar num processo de escolha entre as soluções analisadas.

Por fim refere-se que, dada a quantidade e a diversidade dos fatores a ter em conta na proteção contra incêndios dos edifícios, considera-se que o plano curricular da especialização em construções do curso de Engenharia Civil, teve uma contribuição fundamental para atingir os objetivos pretendidos neste trabalho sobre sistemas automáticos de extinção de incêndios em edifícios.

5.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

No final deste trabalho fica-se com a noção da abrangência de soluções que haveriam para explorar.

Por exemplo, uma tecnologia recente da SIEMENS, oferece uma solução de extinção automática de incêndios por duplo fluído (árgon e água nebulizada), que alia as vantagens da cobertura e alcance de um gás inerte, com as vantagens de arrefecimento da água nebulizada, contudo, é uma solução pouco difundida no mercado e reserva-se a casos muito específicos, como sejam edifícios históricos e arquivos onde são protegidos bens de elevado valor patrimonial.

Contudo, após a análise comparativa realizada no caso de estudo, considera-se que para além dos tipos de sistemas estudados, teria sido particularmente relevante, estudar um SAEI por gás inerte do tipo centralizado.

Considera-se que seria interessante estudar um SAEI com gás inerte do tipo centralizado, por motivos de custos e de espaço necessário para o armazenamento das garrafas de agente extintor.

Apesar de um SAEIG do tipo centralizado implicar uma instalação mais complexa, quer ao nível da construção, quer ao nível da automação e manutenção, implicaria certamente custos consideravelmente inferiores, relativamente a qualquer um dos sistemas modulares estudados.

Uma vez que o maior peso no custo de um SAEI a gás está na quantidade de agente extintor (como se pode verificar nas estimativas orçamentais em anexo), a consideração de um sistema centralizado, apenas com uma bateria de 4 cilindros de agente extintor, direcionável para qualquer um dos seis compartimentos de arquivo, através de válvulas direcionáveis, permitiria reduzir a quantidade de agente extintor de 4 para 1, relativamente à solução modular por piso considerada no caso de estudo.

Apesar de esta solução implicar um maior custo de construção, quer da rede de tubagem hidráulica, quer do sistema de deteção e alarme, a redução de 75% na quantidade de agente extintor, muito provavelmente cobriria e superaria confortavelmente esse acréscimo de custo.

Para além disso, esta solução de gás centralizada apresentaria o menor o impacto na arquitetura, entre todas as outras soluções estudadas, podendo mesmo constituir a solução ideal para o caso de estudo.

É, contudo, importante salientar que esta solução apenas poderia ser considerada, caso o comprimento total do SAEI centralizado, não implique um tempo de descarga de gás inerte superior a 60 s. A verificação deste aspeto exige que sejam utilizados conceitos de mecânica dos fluídos sobre escoamentos compressíveis, de complexidade avançada, dada a sensibilidade deste tipo de escoamentos a qualquer variação de geometria da tubagem ou à existência de acessórios e singularidades nas redes de escoamento, pelo que a norma NP EN 15004-1 [53] exige que este tipo de SAEIG, sejam sempre alvo de um dimensionamento final, feito através de modelos de cálculo dos próprios fabricantes, certificados por entidades independentes, através de ensaios de validação específicos em determinadas amostras iniciais.

Para além disso, considerar-se-ia também nesta solução, um gás inerte totalmente natural, como seja o Árgon ou o Azoto, uma vez que não sendo uma mistura de gases, serão porventura gases disponibilizados com mais facilidade no mercado de fornecedores de gases, quer na aquisição, como na em carregamentos ao longo do tempo de vida útil dos sistemas.

Quanto ao SAEI por água nebulizada, seria de todo o interesse prosseguir com o estudo destes sistemas, em particular os de funcionamento a baixa pressão, procurando encontrar soluções ainda mais económicas e soluções de proteção por cortinas de água utilizando água nebulizada.

A continuação do estudo de SAEI por água nebulizada, interessaria também estudar noutros casos com particularidades semelhantes às do caso em estudo, como alguns edifícios inseridos em zonas históricas, onde as áreas de construção disponíveis, ou o reforço das estruturas eventualmente necessários, para fazer face aos reservatórios de armazenagem de água podem valer mais que o custo adicional deste tipo de sistemas.

Considera-se também que o domínio do dimensionamento hidráulico dos sistemas de água nebulizada, constitui um aspeto que pode contribuir para a promoção deste tipo de sistemas de extinção, desde logo, por parte dos projetistas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Portugal, *Decreto-Lei nº 224/2015*. 2015, pp. 8740–8774.

[2] C. F. B. F. de Castro e J. M. B. Abrantes, *Manual de segurança contra incêndios em edifícios*, 2ª ed. Sintra: Escola Nacional de Bombeiros, 2009.

[3] A. E. Cote e J. R. Hall, «Basics of fire and fire science», em *Fire Protection Handbook*, 19th ed., vol. 1, Section 2, Quincy, Massachusetts: NFPA-National Fire Protection Association, 2003, pp. 2-1-2–141.

[4] A. L. Coelho, *Incêndios em edifícios*, 1a ed. Amadora: Orion, 2010.

[5] Portugal, *Despacho n.º 2074/2009*. 2009, pp. 2050–2059.

[6] A. M. GUERRA, J. A. COELHO, e R. E. LEITÃO, *Fenomenologia da combustão e extintores*, 2.ª., vol. II. Sintra: Escola Nacional de Bombeiros, 2006.

[7] SIEMENS, «Sinorix brochure». [Em linha]. Disponível em: https://www.downloads.siemens.com/download-center/Download.aspx?pos=download&fct=getasset&id1=A6V10223034. [Acedido: 23-Out-2016].

[8] Christopher J. Wieczorek, Benjamin Ditch, e Robert G. Bill, Jr., «FM Global Research Technical Report: Environmental Impact of Automatic Fire Sprinklers Report». FM Global Research Division, Mar-2010.

[9] Portugal, *Despacho n.º 12037/2013*. 2013, pp. 29094–29095.

[10] V. VIEGAS, V. B. VALENTINE, K. E. ISMAN, M. EVANS, V. PINTO, e M. VIDUERA, *Manual de engenharia - Segurança contra incêndios*. Lisboa: Bombas Grundfos Portugal, S.A., 2006.

[11] IPQ, «NP EN2: 1993, Classes de fogos», Caparica: IPQ, 1993, p. 1.

[12] INS, *Regras Técnicas - Apêndice às tarifas do ramo incêndio*, vol. 2. Lisboa: Instituto Nacional de Seguros, 1982.

[13] J. PINHEIRO, C. SOUTO, e F. SILVA, *Medidas de autoproteção de segurança contra incêndio em edifícios*, vol. I. Carnaxide: ANPC, 2012.

[14] António Rosa Gomes, «Sistemas de extinção por sprinklers», apresentado na Seminário sobre sistemas automáticos de extinção de incêndios por água - 24º Fórum APSEI, Lisboa, 25-Mar-2015.

[15] TYCO, «Fire Sprinkler History - NFSA , NFPA & TYCO», 2015. [Em linha]. Disponível em: http://www.tyco-fire.com/TFP_common/StationHouse02-15_5.pdf. [Acedido: 03-Nov-2016].

[16] CEN, «BS EN 12845: 2004+A2:2009, Fixed firefighting systems - Automatic Sprinkler systems - Design, installation and maintenance», Brussels: CEN, 2009, p. 184.

[17] Kenneth E. Isman, «Automatic Sprinklers», em *Fire Protection Handbook*, 19th ed., vol. 2, Section 10, Chapter 10, Quincy, Massachusetts: NFPA-National Fire Protection Association, 2003, pp. 10-171-10–184.

[18] TYCO, «Tyco complete technical data book», 2016. [Em linha]. Disponível em: https://www.tyco-fire.com/index.php?P=td_zip&E=. [Acedido: 01-Nov-2016].

[19] ANPC, «Nota técnica n.º 7 - Hidrantes exteriores». ANPC, 12-Jan-2013.

[20] CEN, «BS EN 12259-1: 1999+A1:2001+A2:2004+A3:2006, Fixed firefighting systems - Components for sprinkler and water spray systems», Brussels: CEN, 2006, p. 60.

[21] CEA, «CEA 4045: 2005, Fire extinguishing systems using liquified "haloncarbon" gases - Planning and installation», Paris: CEA, 2005, p. 83.

[22] NFPA, «NFPA 13: Standard for the Installation of Sprinkler Systems», Quincy, Massachusetts, EUA: NFPA, 2016, p. 488.

[23] TYCO, «TYCO sprinkler valve animations literature», 2017. [Em linha]. Disponível em: http://www.tyco-fire.com/index.php?P=movie. [Acedido: 05-Fev-2017].

[24] TYCO, «Ficha de produto - Câmara de retardo - Modelo RC1», 2009. [Em linha]. Disponível em: http://www.tyco-fire.com/TFP_translate/TFP920_PT.pdf. [Acedido: 05-Fev-2017].

[25] VIKING, «Dry System Manual», 02-Dez-2010. [Em linha]. Disponível em: http://www.vikingcorp.com/sites/default/files/documents/Dry%20System%20Manual.pdf. [Acedido: 01-Nov-2016].

[26] Milosh T. Puchovsky, «Automatic Sprinkler Systems», em *Fire Protection Handbook*, 19th ed., vol. 2, Section 10, Chapter 11, Quincy, Massachusetts: NFPA-National Fire Protection Association, 2003, pp. 10-185-10–212.

[27] TYCO, «Ficha de produto - Válvula de dilúvio - Modelo DV-5», 2006. [Em linha]. Disponível em: https://www.tyco-fire.com/TFP_translate/TFP1305_PT.pdf. [Acedido: 05-Fev-2017].

[28] TYCO, «TYCO datasheet: Model DPV-1 preaction type A valve (EN 12845 compliance)», 2016. [Em linha]. Disponível em: https://www.tyco-fire.com/TD_TFP/TFP/TFP1484_04_2016.pdf. [Acedido: 08-Fev-2017].

[29] TYCO, «TYCO datasheet: Model DPV-1 preaction type B valve (EN 12845 compliance)», 2015. [Em linha]. Disponível em: https://www.tyco-fire.com/TD_TFP/TFP/TFP1486_01_2015.pdf. [Acedido: 08-Fev-2017].

[30] TYCO, «Window sprinklers brochure». 2016.

[31] ANPC, «Nota técnica n.º 18 - Sistemas de cortinas de água». ANPC, 12-Jan-2013.

[32] TGP, «Firelite Plus Window Sprinklers Datasheet», 2016. [Em linha]. Disponível em: http://www.fireglass.com/resources/product-downloads/fact-sheets/doc/firelite-plus-ws-premium-fact-sheet.pdf. [Acedido: 04-Nov-2016].

[33] VIKING, «Model C-1 window sprinklers technical data», 20-Dez-2013. [Em linha]. Disponível em: http://www.vikingcorp.com/sites/default/files/databook/spraynozzles/051800.pdf. [Acedido: 01-Nov-2016].

[34] TYCO, «Sprinklers de Janela de Aplicação Específica Modelo WS Parede Lateral Horizontal e Vertical Suspensa Fator 5,6 K». 2011.

[35] Robert T. Wickham, P.E., «Status of industry efforts to replace halon fire extinguishing agents». Wickmham Associates, 16-Mar-2002.

[36] Gary M. Taylor, «Halogenated agents and systems», em *Fire Protection Handbook*, 19th ed., vol. 2, Section 11, Chapter 1, Quincy, Massachusetts: NFPA-National Fire Protection Association, 2003, pp. 11-3-11–20.

[37] Mark L. Robin, «A Short History of Clean Fire Suppression Agents», *Fire & Safety Magazine*, p. 10, 2011.

[38] NFPA, *NFPA 12: Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems*. Quincy, Massachusetts, EUA: NFPA, 2015.

[39] Pedro Pequito, «Considerações sobre agentes extinores gasosos comercialmente disponíveis no mercado». P2i.

[40] UNEP, *Handbook for the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer*, Tenth edition. Nairobi, Kenya: UNEP, 2016.

[41] Parlamento Europeu e Conselho, *Regulamento (CE) n.º 2037/2000 relativo às substâncias que empobrecem a camada de ozono*. 2000.

[42] Eric Peterson, Stephen Hanly, Jamal Ahmed Al-Fuzaie, Philip J. Dinenno, H.S. Kaprwan, e Erik Pedersen, *Standards and codes of practice to eliminate dependency on halons - Handbook of good practies in the halon sector*. UNEP, 2001.

[43] CEA, «CEA 4007: 2003, CO2 systems Planning and Installation», Paris: CEA, 2003, p. 83.

[44] Thomas J. Wysocki, «Carbon dioxide and application systems», em *Fire Protection Handbook*, 19th ed., vol. 2, Section 11, Chapter 3, Quincy, Massachusetts: NFPA-National Fire Protection Association, 2003, pp. 11-65-11–77.

[45] ANPC, «Nota técnica n.º 17 - Sistemas automáticos de extinção de incêndio por agentes gasosos». ANPC, 12-Jan-2013.

[46] CEA, «CEA 4008: 2005, Fire extinguishing systems using non-liquified "inert" gases - Planning and installation», Paris: CEA, 2005, p. 92.

[47] Wolfgang Koch, «Argon fire extinguishing systems - The simple solution». NIST, 1995.

[48] APSEI, «Ficha_Tecnica nº 21 - Sistemas de extinção de incêndios por agentes gasosos». Set-2008.

[49] IPQ, «NP EN 15004-7, Sistemas fixos de extinção de incêndios por agentes gasosos. Parte 7: Propriedades físicas e projeto de sistemas de extinção por agente exintor IG-01», Caparica: IPQ, 2012, p. 12.

[50] IPQ, «NP EN 15004-8, Sistemas fixos de extinção de incêndios por agentes gasosos. Parte 8: Propriedades físicas e projeto de sistemas de extinção por agente exintor IG-100», Caparica: IPQ, 2012, p. 12.

[51] IPQ, «NP EN 15004-9, Sistemas fixos de extinção de incêndios por agentes gasosos. Parte 9: Propriedades físicas e projeto de sistemas de extinção por agente exintor IG-55», Caparica: IPQ, 2012, p. 12.

[52] IPQ, «NP EN 15004-10, Sistemas fixos de extinção de incêndios por agentes gasosos. Parte 10: Propriedades físicas e projeto de sistemas de extinção por agente exintor IG-541», Caparica: IPQ, 2012, p. 14.

[53] IPQ, «NP EN 15004-1, Sistemas fixos de extinção de incêndios. Sistemas de extinção por agentes gasosos. Parte 1: Projeto, instalação e manutenção», Caparica: IPQ, 2012, p. 105.

[54] Anthony Stagg e Jason Dyer, «Gaseous fire suppression systems - Pressure relief vent guidelines». Fire Protection Techologies, 2012.

[55] Parlamento Europeu e do Conselho, *Regulamento (UE) n.º 517/2014 relativo aos gases fluorados com efeito de estufa*. 2014.

[56] TYCO, «Tyco SAPPHIRE 42 White Paper». 2016.

[57] IPQ, «NP EN 15004-2, Sistemas fixos de extinção de incêndios. Sistemas de extinção por agentes gasosos. Parte 2: Propriedades físicas e projeto de sistemas de extinção por agente extintor FK-5-1-12», Caparica: IPQ, 2012, p. 13.

[58] IPQ, «NP EN 15004-5, Sistemas fixos de extinção de incêndios. Sistemas de extinção por agentes gasosos. Parte 5: Propriedades físicas e projeto de sistemas de extinção por agente extintor HFC 227ea», Caparica: IPQ, 2012, p. 12.

[59] Colin Genge e Anthony Stagg, «Clean agent enclousure design for ISO 14520 and AS 4212». 03-Mai-2013.

[60] Fike, «Fike application brochure - Electric Discharge Machining», 2008. [Em linha]. Disponível em: http://support.fike.com/documents/firesupp/firessys/co2/promo/application_profiles/CDAP003%20Electric%20Discharge%20Machining_EDM.pdf. [Acedido: 04-Dez-2016].

[61] SSG, «Superior Service Group Products -| Firetrace Indirect High Pressure Systems», 2016. [Em linha]. Disponível em: http://superiorcomponents.ca/products/auto-fire-suppression/indirect-high-pressure.html. [Acedido: 04-Dez-2016].

[62] ROTAREX, «Fiedetect compact fire supression systems brochure», 2016. [Em linha]. Disponível em: http://rotarexfiretec.com/downloads.php?q=aWQ9MTExJnQ9ZGVmYXVsdCZjPWRlZmF1bHQ=. [Acedido: 04-Dez-2016].

[63] VIKING, «Viking technical documentation», 2016. [Em linha]. Disponível em: http://www.viking-emea.com/documentation. [Acedido: 04-Dez-2016].

[64] MINIMAX, «Minimax Halon Replacement Brochure», 2014. [Em linha]. Disponível em: http://minimaxfp.com/sites/default/files/product-literature/Halon%20Replacement%20Brochure%20Mar%202014.pdf. [Acedido: 04-Dez-2016].

[65] SIEMENS, «Siemens Fire safety guide», 2012. [Em linha]. Disponível em: https://www.downloads.siemens.com/download-center/Download.aspx?pos=download&fct=getasset&id1=A6V10430678. [Acedido: 28-Fev-2017].

[66] AFP, «AHX DuFlow Double action pourpose pressure vent - AFP Air Technologies technical information», 2016. [Em linha]. Disponível em: http://www.fire-protection.com.au/CMSTemplates/files/fireprotection.com.au/d0/d0907e35-eff3-4163-ba7d-5ed4e23df3c2.pdf. [Acedido: 04-Dez-2016].

[67] Jack R. Manhinney, «Water Mist Fire Supression System», em *Fire Protection Handbook*, 19th ed., vol. 2, Section 10, Chapter 17, Quincy, Massachusetts: NFPA-National Fire Protection Association, 2003, pp. 10-351-10–367.

[68] BETE, «BETE - General product catalog - Nozzles for industry, pollution control, and fire protection», 2013. [Em linha]. Disponível em: http://www.spray-nozzle.co.uk/docs/default-source/catalogues-and-brochures/complete-catalogue-2013.pdf?sfvrsn=4. [Acedido: 26-Out-2016].

[69] CNPP, «APSAD D2, Guide pour l'installation de systèmes de protection incendie par brouillard d'eau», Saint-Marcel: CNPP, 2007, p. 66.

[70] NFPA, «NFPA 750 - Standard on Water Mist Fire Protection Systems», Quincy, Massachusetts, EUA: NFPA, 2015, p. 88.

[71] CEN, «prEN 14972: 2004, Fixed firefighting systems - Watermist systems - Design and installation», Brussels: CEN, 2004, p. 68.

[72] Chubb France, «Guide des Systèmes d'Extinction Automatique», 2014. [Em linha]. Disponível em: http://www.chubbsecurite.com/Documents/9001114CS_Guide%20SDEA_Rev5.pdf. [Acedido: 28-Mar-2017].

[73] G&S, «G&S Sprinkler Systems – Water-based fire extinguishing systems», 2016. [Em linha]. Disponível em: http://www.gs-brandschutz.de/e12-vds-spruehflutanlagen.html. [Acedido: 22-Out-2016].

[74] DANFOSS, «SEM-SAFE - High-Pressure Water Mist System», 2016. [Em linha]. Disponível em: http://www.danfoss-semco.com/media-video-ipapers/. [Acedido: 22-Out-2016].

[75] MARIOFF, «HI-FOG water mist fire protection for buildings», 2014. [Em linha]. Disponível em: http://www.marioff.com/sites/default/files/brochures/1201f-en-fire-fighting-excellence.pdf. [Acedido: 23-Out-2016].

[76] MARIOFF, «Fire fighting excellence - HI-FOG water mist fire protection», 2016. [Em linha]. Disponível em: http://www.marioff.com/sites/default/files/brochures/1201f-en-fire-fighting-excellence.pdf. [Acedido: 23-Out-2016].

[77] Portugal, *Decreto-Regulamentar nº 23/1995*. 1995, pp. 5284–5319.

[78] Portugal, *Portaria nº 1532/2008*. 2008, pp. 9050–9127.

[79] HILTI, «Technical Manual - Hilti Firestop Collar CFS-C EL». Jun-2006.

[80] Câmara Municipal de Aveiro, *Regulamento municipal de distribuição de água e drenagem de águas residuais de Aveiro*. 2007, pp. 36–71.

[81] IPMA, «IPMA - Normais climatológicas, entre 1981-2010, da estação climatológica da Universidade de Aveiro», 2017. [Em linha]. Disponível em: http://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1981-2010/001/. [Acedido: 18-Fev-2017].

[82] IPQ, «NP EN 14384:2007, Marcos de incêndio (Hidrantes de incêndio de coluna)», Caparica: IPQ, 2007, p. 31.

[83] IPQ, «NP 3064:1988, Segurança contra incêndio: Utilizaçao dos extintores de incêndio portáteis», Caparica: IPQ, 1989, p. 9.

[84] IPQ, «NP EN 671-1:2013, Instalações fixas de combate a incêndio, Sistemas armados com mangueiras - Parte 1: Bocas de incêndio armadas com mangueiras semirigídas», Caparica: IPQ, 2013, p. 44.

[85] Portugal, *Despacho n.º 13042/2013*. 2013, pp. 30902–30904.

[86] Ruediger Koop, «High pressure water mist - Safe proection for archives and libraries». IFP, Fev-2010.

[87] TYCO, «Tyco Design Manual: SAPPHIRE total flood fire suppresion systems». LPG, Jan-2012.

[88] KIDDE, «Design, Installation, Operation and Maintenance Manual: 3M Novec 1230 Fire Supressions System». Fev-2005.

[89] P2i, «Ábacos de dimensionamento de sistemas automáticos de extinção de incêndios por agentes gasosos». P2i, Out-2016.

[90] FIKE, «Design, Installation & Maintenance Manual for Fike ProInert Fire Extinguishing Systems». Mar-2004.

[91] V. M. R. Pedroso, *Manual dos sistemas prediais de distribuição e drenagem de águas*, 4.ª ed. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2008.

[92] Paulo Gomes, «Tema em Destaque n.º 44», *Aptitude*, n. 44, 15-Mai-2013.

[93] Pierre Breillout e Luciano Nigro, «Les solutions automatiques de protection incendie par brouillard d'eau: Les choix de maison de Radiodiffusion-télévision française». IWMA, 2013.

[94] GLASKON, «Pyrobel - Fire resistant glass brochure». 2007.

[95] NFPA, *NFPA 20: Norma para a instalação de bombas estacionárias contra incêndios*. Quincy, Massachusetts, EUA: NFPA, 2003.

[96] John R. Hall, Jr., «US Experience with sprinklers». NFPA, Jun-2013.

[97] Portugal, *Regulamento (UE) 517/2014*. 1995, pp. 5284–5319.

[98] ISO, «ISO 14520-1: 2006, Gaseous fire-extinguishing systems - Physical properties and system design - Part 1 - General requirements», Geneva, Switzerland: ISO, 2006, p. 94.

[99] IPQ, «NP EN 671-2:2014, Instalações fixas de combate a incêndio, Sistemas armados com mangueiras - Parte 2: Bocas de incêndio armadas com mangueiras flexíveis», Caparica: IPQ, 2014, p. 36.

[100] Paulo Gomes, «Especificação Técnica 114». APTA, 2015.

[101] Paulo Gomes, «Especificação Técnica 115». APTA, 2016.

[102] Portugal, *Despacho n.º 12605/2013*. 2013, pp. 30155–30157.

[103] António Rosa Gomes, «Redes secas e húmidas e fontes de abastecimento de água para o serviço de incêndio (NT 13 e NT 14)», apresentado na Seminário sobre extinção de incêndios por água e por agentes gasosos - Notas técnicas da ANPC 13 a 17 - SEGUREX, Lisboa, 08-Mai-2015.

[104] Portugal, *Declaração de retificação n.º 1176/2013*. 2013, pp. 32845–32846.

[105] Portugal, *Despacho n.º 14903/2013*. 2013, pp. 33738–30904.

[106] A. Lencastre, *Hidráulica geral*. Lisboa: A. Lencastre, 1996.

[107] M. de A. Paixão, *Águas e esgotos em urbanizações e instalações prediais*, 2ª ed. rev. e aumentada. Amadora: Edições Orion, 1999.

[108] J. A. A. de S. Marques e J. J. de O. Sousa, *Hidráulica urbana : sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais*, 3ª ed. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2011.

ANEXOS

ANEXO A

FOLHAS DE CÁLCULO

A.1. FOLHA DE CÁLCULO DA RIA

Dimensionamento hidráulico da rede fixa para extinção manual de 1.ª intervenção (RIA):

Dimensionamento tubagem da RIA		Material tubagem:	AG (Aço galvanizado da série média)								$a_{(rugosidade\ tubagem)}$:	0,00074		
Troço	Carretéis em simultâneo ($Q_{,K64}$=1,7 l/s)	$Q_{,ac}$	$Q_{,ac}$	L	$U_{,teórica}$	$\emptyset = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times U}}$	**Ø comercial**		$U_{,corrigida}$	$J_{,Flamant}$	$AH_{,C}$	$AH_{,L}+Z$	**$P_{Jus.}$**	**$P_{Mont.}$**
							Int.	**DN**			(1,3.L.J)			
		(l/s)	(l/min)	(m)	(m/s)	(mm)	(mm)	(mm)	(m/s)	(m/m)	(m.c.a)	(m.c.a)	(m.c.a)	(m.c.a)
BIATC-A	1	1,70	102,00	0,50	2,00	32,90	**36,00**	**40**	1,67	0,1158	0,08	0,00	25,00	25,08
A-B	1	1,70	102,00	2,90	2,00	32,90	**53,10**	**50**	0,77	0,0183	0,07	2,90	25,08	28,04
B-C	1	1,70	102,00	2,90	2,00	32,90	**53,10**	**50**	0,77	0,0183	0,07	2,90	28,04	31,01
C-D	2	3,40	204,00	5,30	2,00	46,52	**53,10**	**50**	1,54	0,0615	0,42	1,80	31,01	33,24
D-CBSI	2	**3,40**	**204,00**	30,30	2,00	46,52	**53,10**	**50**	1,54	0,0615	2,42	2,60	33,24	**38,26**
										Σ =	3,06	10,20		

A.2. FOLHAS DE DIMENSIONAMENTO DO SAEI- GÁS NOVEC 1230

Folhas de dimensionamento do SAEI por gás NOVEC 1230, resultantes do cálculo exato com recurso ao software de cálculo do fabricante TYCO, fornecidas pela empresa P2i.

A.2.1. ARQUIVOS COM ÁREA ATÉ 61,50 M^2

tyco Fire Suppression & Building Products

Consolidated Report
Enclosure Information

Elevation:	0 m (relative to sea level)
Atmospheric Correction Factor:	1
Enclosure Number:	1
Name:	Arquivo A=61.5m2 h=2.6m
Enclosure Temperature...	
Minimum:	20,0 C
Maximum:	20,0 C
Maximum Concentration:	5,300 %
Design Concentration...	
Adjusted:	5,300 %
Minimum:	5,300 %
Minimum Agent Required:	124,5 kg
Width:	1,00 m
Length:	61,50 m
Height:	2,60 m
Volume:	159,90 cubic m
Non-permeable:	0,00 cubic m
Total Volume:	159,90 cubic m
Adjusted Agent Required:	124,5 kg
Number of Nozzles:	1

tyco / Fire Suppression & Building Products

Consolidated Report
Agent Information

Agent: Novec / Propellant N2
(Novec is a trademark of 3M)

Adjusted Agent Required: 124,5 kg
Container Name: 106L TPED Container Assy
Container Part Number: 303.207.013
Number of Main Containers: 1
Number of Reserve Containers: 0
Manifold: No Manifold

Starting Pressure: 24,8 bar
Pipe Take Off Direction: Horizontal
Agent Per Container: 124,5 kg
Fill Density: 1,175 kg / l
Container Empty Weight: 85,7 kg
Weight, All Containers + Agent: 210,2 kg
Floor Area Per Container: 0,13 square m
Floor Loading Per Container: 1624 kg /square m

Pipe Network

Part 1 - Pipe

			Pipe			
Description	Start	End	Type	Diameter	Length	Elevation
Main Cyl. X 1	0	1		50 mm	1,02 m	1,02 m
Flex Hose	1	2		50 mm	0,12 m	0,00 m
Flex Hose	2	3		50 mm	0,52 m	0,00 m
Pipe	3	4	DIN2440	50 mm	0,80 m	0,80 m
Pipe	4	5	DIN2440	50 mm	6,50 m	0,00 m
Pipe	5	6	DIN2440	50 mm	5,50 m	0,00 m
Pipe/E1-N1	6	7	DIN2440	50 mm	0,10 m	-0,10 m

Part 2 - Equivalent Length

Start	End	90	45	Thru	Side	Union	Other	Added	Total
0	1	0	0	0	0	0		0,00 m	10,67 m

tyco / Fire Suppression & Building Products

Consolidated Report

Part 2 - Equivalent Length

Start	End	90	45	Thru	Side	Union	Other	Added	Total
1	2	0	0	0	0	0	50mmFlexN1	0,00 m	0,12 m
2	3	1	0	0	0	0	50mmFlexN2	0,00 m	5,25 m
3	4	0	0	0	0	0		0,00 m	0,79 m
4	5	1	0	0	0	0		0,00 m	8,17 m
5	6	1	0	0	0	0		0,00 m	7,16 m
6	7	1	0	0	0	0		0,00 m	1,77 m

Part 3 - Nozzles

Start	End	Flow	Name	Size	Type	Nozzle Area
0	1	124,5 kg				
1	2	124,5 kg				
2	3	124,5 kg				
3	4	124,5 kg				
4	5	124,5 kg				
5	6	124,5 kg				
6	7	124,5 kg	E1-N1	50 mm	360-AL (BSP)	844,96 square mm

Parts Information

Total Agent Required: 124,5 kg
Container Name: 106L TPED Container Assy (Part: 303.207.013)
Number Of Containers: 1
Field1

Nozzle	Type	Diameter	Nozzle Area	Part Number
E1-N1	360-AL (BSP)	50 mm	844,96 square mm	310.207.112

Nozzle	Drill Diameter	Drill Size
E1-N1	8,2000 mm	8.20 mm

Pipe:	Type	Diameter	Length
	DIN2440	50 mm	12,90 m

'Other' Items:
1 - 50 mm Flexible Discharge Hose (Part: 306.207.003)

tyco / Fire Suppression & Building Products

Consolidated Report

List of 90 degree elbows:
3 - 50 mm

System Acceptance

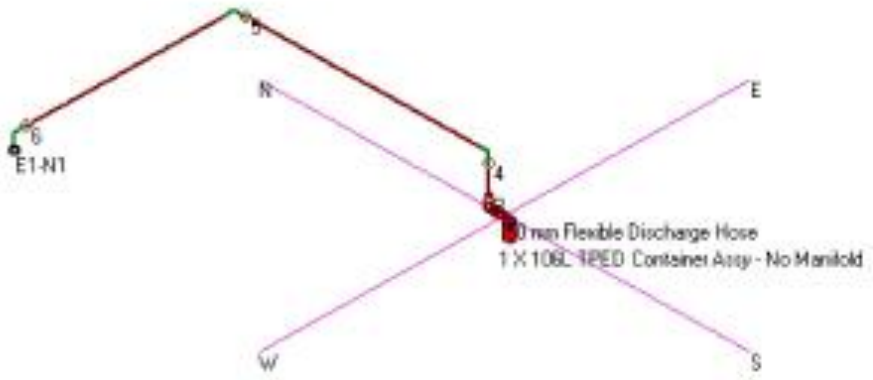
System Discharge Time: 10,0 seconds
Percent Agent In Pipe: 41,3%
Percent Agent Before First Tee: 0,0%

Enclosure Number: 1
Enclosure Name: Arquivo A=61.5m2 h=2.6m

Minimum Design Concentration: 5,300%
Adjusted Design Concentration: 5,300%
Predicted Concentration: 5,300%
Maximum Expected Agent Concentration: 5,300% (At 20,0 C)

Nozzle	Minimum Agent Required	Adjusted Agent Required	Predicted Agent Delivered	Nozzle Pressure (Average)
E1-N1	124,5 kg	124,5 kg	124,5 kg	5,140 bar

Drawing View: 1



A.2.2. ARQUIVOS COM ÁREA DE 57,70 M^2

tyco / Fire Suppression & Building Products

Consolidated Report

Enclosure Information

Elevation:	0 m (relative to sea level)
Atmospheric Correction Factor:	1
Enclosure Number:	1
Name:	Arquivo A=56.1m2 h=2.6m
Enclosure Temperature...	
Minimum:	20,0 C
Maximum:	20,0 C
Maximum Concentration:	5,319 %
Design Concentration...	
Adjusted:	5,319 %
Minimum:	5,300 %
Minimum Agent Required:	113,6 kg
Width:	1,00 m
Length:	56,10 m
Height:	2,60 m
Volume:	145,86 cubic m
Non-permeable:	0,00 cubic m
Total Volume:	145,86 cubic m
Adjusted Agent Required:	114,0 kg
Number of Nozzles:	1

tyco / Fire Suppression & Building Products

Consolidated Report
Agent Information

Agent: Novec / Propellant N2
(Novec is a trademark of 3M)

Adjusted Agent Required:	114,0 kg
Container Name:	106L TPED Container Assy
Container Part Number:	303.207.013
Number of Main Containers:	1
Number of Reserve Containers:	0
Manifold:	No Manifold
Starting Pressure:	24,8 bar
Pipe Take Off Direction:	Horizontal
Agent Per Container:	114,0 kg
Fill Density:	1,075 kg / l
Container Empty Weight:	85,7 kg
Weight, All Containers + Agent:	199,7 kg
Floor Area Per Container:	0,13 square m
Floor Loading Per Container:	1543 kg /square m

Pipe Network

Part 1 - Pipe

Description	Start	End	Pipe Type	Pipe Diameter	Pipe Length	Pipe Elevation
Main Cyl. X 1	0	1		50 mm	1,02 m	1,02 m
Flex Hose	1	2		50 mm	0,12 m	0,00 m
Flex Hose	2	3		50 mm	0,52 m	0,00 m
Pipe	3	4	DIN2440	50 mm	0,80 m	0,80 m
Pipe	4	5	DIN2440	50 mm	1,00 m	0,00 m
Pipe	5	6	DIN2440	50 mm	2,00 m	0,00 m
Pipe	6	7	DIN2440	50 mm	2,00 m	0,00 m
Pipe	7	8	DIN2440	50 mm	4,00 m	0,00 m
Pipe/E1-N1	8	9	DIN2440	50 mm	0,10 m	-0,10 m

tyco Fire Suppression & Building Products

Consolidated Report

Part 2 - Equivalent Length

Start	End	90	45	Thru	Side	Union	Other	Added	Total
0	1	0	0	0	0	0		0,00 m	10,67 m
1	2	0	0	0	0	0	50mmFlexN1	0,00 m	0,12 m
2	3	1	0	0	0	0	50mmFlexN2	0,00 m	5,25 m
3	4	0	0	0	0	0		0,00 m	0,79 m
4	5	1	0	0	0	0		0,00 m	2,68 m
5	6	1	0	0	0	0		0,00 m	3,69 m
6	7	1	0	0	0	0		0,00 m	3,69 m
7	8	1	0	0	0	0		0,00 m	5,67 m
8	9	1	0	0	0	0		0,00 m	1,77 m

Part 3 - Nozzles

Start	End	Flow	Name	Size	Type	Nozzle Area
0	1	114,0 kg				
1	2	114,0 kg				
2	3	114,0 kg				
3	4	114,0 kg				
4	5	114,0 kg				
5	6	114,0 kg				
6	7	114,0 kg				
7	8	114,0 kg				
8	9	114,0 kg	E1-N1	50 mm	360-AL (BSP)	844,96 square mm

Parts Information

Total Agent Required: 114,0 kg
Container Name: 106L TPED Container Assy (Part: 303.207.013)
Number Of Containers: 1
Field1

Nozzle	Type	Diameter	Nozzle Area	Part Number
E1-N1	360-AL (BSP)	50 mm	844,96 square mm	310.207.112

Nozzle	Drill Diameter	Drill Size
E1-N1	8,2000 mm	8.20 mm

tyco / Fire Suppression & Building Products

Consolidated Report

Pipe:	Type	Diameter	Length
	DIN2440	50 mm	9,90 m

'Other' Items:
1 - 50 mm Flexible Discharge Hose (Part: 306.207.003)

List of 90 degree elbows:
5 - 50 mm

System Acceptance

System Discharge Time: 7,9 seconds
Percent Agent In Pipe: 35,8%
Percent Agent Before First Tee: 0,0%

Enclosure Number: 1
Enclosure Name: Arquivo A=56.1m2 h=2.6m

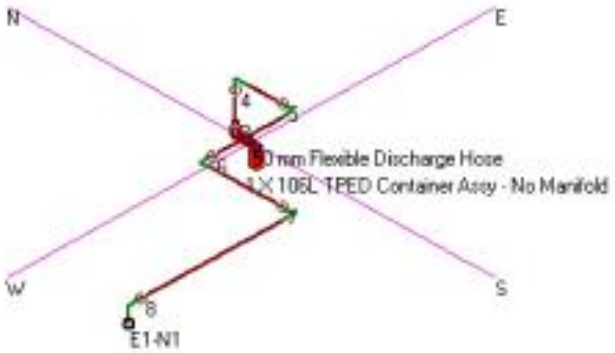
Minimum Design Concentration: 5,300%
Adjusted Design Concentration: 5,319%
Predicted Concentration: 5,319%
Maximum Expected Agent Concentration: 5,319% (At 20,0 C)

Nozzle	Minimum Agent Required	Adjusted Agent Required	Predicted Agent Delivered	Nozzle Pressure (Average)
E1-N1	113,6 kg	114,0 kg	114,0 kg	6,295 bar

tyco / Fire Suppression & Building Products

Consolidated Report

Drawing View: 1



A.2.3. ARQUIVOS COM ÁREA DE 55,50 M^2

tyco / Fire Suppression & Building Products

Consolidated Report

Enclosure Information

Elevation:	0 m (relative to sea level)
Atmospheric Correction Factor:	1
Enclosure Number:	1
Name:	Arquivo A=55.6m2 h=2.6m
Enclosure Temperature...	
Minimum:	20,0 C
Maximum:	20,0 C
Maximum Concentration:	5,852 %
Design Concentration...	
Adjusted:	5,851 %
Minimum:	5,300 %
Minimum Agent Required:	112,6 kg
Width:	1,00 m
Length:	55,60 m
Height:	2,60 m
Volume:	144,56 cubic m
Non-permeable:	0,00 cubic m
Total Volume:	144,56 cubic m
Adjusted Agent Required:	125,0 kg
Number of Nozzles:	1

tyco / Fire Suppression & Building Products

Consolidated Report
Agent Information

Agent: Novec / Propellant N2
(Novec is a trademark of 3M)

Adjusted Agent Required:	125,0 kg
Container Name:	106L TPED Container Assy
Container Part Number:	303.207.013
Number of Main Containers:	1
Number of Reserve Containers:	0
Manifold:	No Manifold
Starting Pressure:	24,8 bar
Pipe Take Off Direction:	Horizontal
Agent Per Container:	125,0 kg
Fill Density:	1,179 kg / l
Container Empty Weight:	85,7 kg
Weight, All Containers + Agent:	210,7 kg
Floor Area Per Container:	0,13 square m
Floor Loading Per Container:	1628 kg /square m

Pipe Network

Part 1 - Pipe

			Pipe			
Description	Start	End	Type	Diameter	Length	Elevation
Main Cyl. X 1	0	1		50 mm	1,02 m	1,02 m
Flex Hose	1	2		50 mm	0,12 m	0,00 m
Flex Hose	2	3		50 mm	0,52 m	0,00 m
Pipe	3	4	DIN2440	50 mm	0,80 m	0,80 m
Pipe	4	5	DIN2440	50 mm	1,00 m	0,00 m
Pipe	5	6	DIN2440	50 mm	1,00 m	0,00 m
Pipe	6	7	DIN2440	50 mm	5,00 m	0,00 m
Pipe/E1-N1	7	8	DIN2440	50 mm	0,10 m	-0,10 m

tyco / Fire Suppression & Building Products

Consolidated Report

Part 2 - Equivalent Length

Start	End	90	45	Thru	Side	Union	Other	Added	Total
0	1	0	0	0	0	0		0,00 m	10,67 m
1	2	0	0	0	0	0	50mmFlexN1	0,00 m	0,12 m
2	3	1	0	0	0	0	50mmFlexN2	0,00 m	5,25 m
3	4	0	0	0	0	0		0,00 m	0,79 m
4	5	1	0	0	0	0		0,00 m	2,68 m
5	6	1	0	0	0	0		0,00 m	2,68 m
6	7	1	0	0	0	0		0,00 m	6,68 m
7	8	1	0	0	0	0		0,00 m	1,77 m

Part 3 - Nozzles

Start	End	Flow	Name	Size	Type	Nozzle Area
0	1	125,0 kg				
1	2	125,0 kg				
2	3	125,0 kg				
3	4	125,0 kg				
4	5	125,0 kg				
5	6	125,0 kg				
6	7	125,0 kg				
7	8	125,0 kg	E1-N1	50 mm	360-AL (BSP)	844,96 square mm

Parts Information

Total Agent Required: 125,0 kg
Container Name: 106L TPED Container Assy (Part: 303.207.013)
Number Of Containers: 1
Field1

Nozzle	Type	Diameter	Nozzle Area	Part Number
E1-N1	360-AL (BSP)	50 mm	844,96 square mm	310.207.112

Nozzle	Drill Diameter	Drill Size
E1-N1	8,2000 mm	8.20 mm

Pipe:	Type	Diameter	Length
	DIN2440	50 mm	7,90 m

tyco / Fire Suppression & Building Products

Consolidated Report

'Other' Items:
1 - 50 mm Flexible Discharge Hose (Part: 306.207.003)

List of 90 degree elbows:
4 - 50 mm

System Acceptance

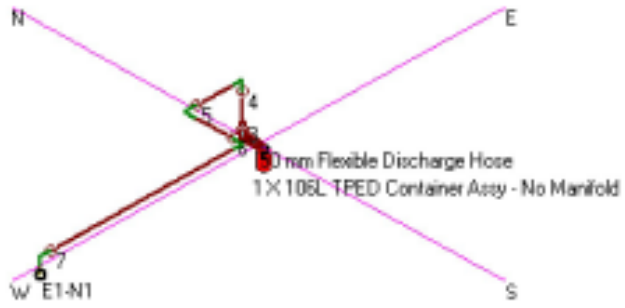
System Discharge Time: 9,3 seconds
Percent Agent In Pipe: 27,0%
Percent Agent Before First Tee: 0,0%

Enclosure Number: 1
Enclosure Name: Arquivo A=55.6m2 h=2.6m

Minimum Design Concentration: 5,300%
Adjusted Design Concentration: 5,851%
Predicted Concentration: 5,852%
Maximum Expected Agent Concentration: 5,852% (At 20,0 C)

Nozzle	Minimum Agent Required	Adjusted Agent Required	Predicted Agent Delivered	Nozzle Pressure (Average)
E1-N1	112,6 kg	125,0 kg	125,0 kg	5,742 bar

Drawing View: 1



A.2.4. ARQUIVO COM ÁREA DE 38,90 M^2

tyco Fire Suppression & Building Products

Consolidated Report

Enclosure Information

Elevation:	0 m (relative to sea level)
Atmospheric Correction Factor:	1
Enclosure Number:	1
Name:	Arquivo A=39.4m2 h=2.6m
Enclosure Temperature...	
Minimum:	20,0 C
Maximum:	20,0 C
Maximum Concentration:	7,407 %
Design Concentration...	
Adjusted:	7,406 %
Minimum:	5,300 %
Minimum Agent Required:	79,8 kg
Width:	1,00 m
Length:	39,40 m
Height:	2,60 m
Volume:	102,44 cubic m
Non-permeable:	0,00 cubic m
Total Volume:	102,44 cubic m
Adjusted Agent Required:	114,0 kg
Number of Nozzles:	1

tyco / Fire Suppression & Building Products

Consolidated Report
Agent Information

Agent: Novec / Propellant N2
(Novec is a trademark of 3M)

Adjusted Agent Required:	114,0 kg
Container Name:	106L TPED Container Assy
Container Part Number:	303.207.013
Number of Main Containers:	1
Number of Reserve Containers:	0
Manifold:	No Manifold
Starting Pressure:	24,8 bar
Pipe Take Off Direction:	Horizontal
Agent Per Container:	114,0 kg
Fill Density:	1,075 kg / l
Container Empty Weight:	85,7 kg
Weight, All Containers + Agent:	199,7 kg
Floor Area Per Container:	0,13 square m
Floor Loading Per Container:	1543 kg /square m

Pipe Network

Part 1 - Pipe

			Pipe			
Description	Start	End	Type	Diameter	Length	Elevation
Main Cyl. X 1	0	1		50 mm	1,02 m	1,02 m
Flex Hose	1	2		50 mm	0,12 m	0,00 m
Flex Hose	2	3		50 mm	0,52 m	0,00 m
Pipe	3	4	DIN2440	50 mm	0,80 m	0,80 m
Pipe	4	5	DIN2440	50 mm	2,00 m	0,00 m
Pipe	5	6	DIN2440	50 mm	4,00 m	0,00 m
Pipe	6	7	DIN2440	50 mm	4,00 m	0,00 m
Pipe/E1-N1	7	8	DIN2440	50 mm	0,10 m	-0,10 m

tyco Fire Suppression & Building Products

Consolidated Report

Part 2 - Equivalent Length

Start	End	90	45	Thru	Side	Union	Other	Added	Total
0	1	0	0	0	0	0		0,00 m	10,67 m
1	2	0	0	0	0	0	50mmFlexN1	0,00 m	0,12 m
2	3	1	0	0	0	0	50mmFlexN2	0,00 m	5,25 m
3	4	0	0	0	0	0		0,00 m	0,79 m
4	5	1	0	0	0	0		0,00 m	3,69 m
5	6	1	0	0	0	0		0,00 m	5,67 m
6	7	1	0	0	0	0		0,00 m	5,67 m
7	8	1	0	0	0	0		0,00 m	1,77 m

Part 3 - Nozzles

Start	End	Flow	Name	Size	Type	Nozzle Area
0	1	114,0 kg				
1	2	114,0 kg				
2	3	114,0 kg				
3	4	114,0 kg				
4	5	114,0 kg				
5	6	114,0 kg				
6	7	114,0 kg				
7	8	114,0 kg	E1-N1	50 mm	360-AL (BSP)	844,96 square mm

Parts Information

Total Agent Required: 114,0 kg
Container Name: 106L TPED Container Assy (Part: 303.207.013)
Number Of Containers: 1
Field1

Nozzle	Type	Diameter	Nozzle Area	Part Number
E1-N1	360-AL (BSP)	50 mm	844,96 square mm	310.207.112

Nozzle	Drill Diameter	Drill Size
E1-N1	8,2000 mm	8.20 mm

Pipe:	Type	Diameter	Length
	DIN2440	50 mm	10,90 m

tyco / Fire Suppression & Building Products

Consolidated Report

'Other' Items:
1 - 50 mm Flexible Discharge Hose (Part: 306.207.003)

List of 90 degree elbows:
4 - 50 mm

System Acceptance

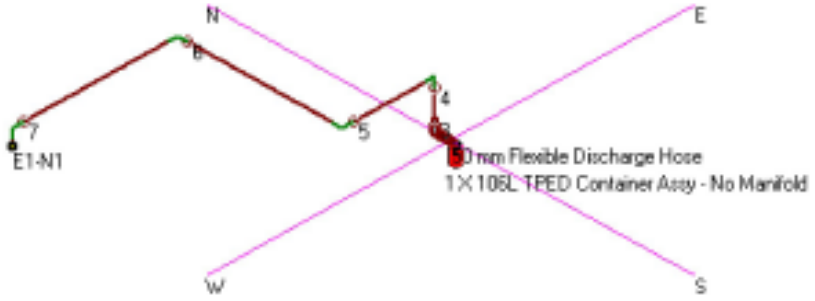
System Discharge Time: 8,0 seconds
Percent Agent In Pipe: 38,9%
Percent Agent Before First Tee: 0,0%

Enclosure Number: 1
Enclosure Name: Arquivo A=39.4m2 h=2.6m

Minimum Design Concentration: 5,300%
Adjusted Design Concentration: 7,406%
Predicted Concentration: 7,407%
Maximum Expected Agent Concentration: 7,407% (At 20,0 C)

Nozzle	Minimum Agent Required	Adjusted Agent Required	Predicted Agent Delivered	Nozzle Pressure (Average)
E1-N1	79,8 kg	114,0 kg	114,0 kg	6,216 bar

Drawing View: 1



A.3. TABELAS DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO DO SAEI- GÁS IG 55

Tabela para determinação do número de cilindros de armazenamento de gás IG 55, do fabricante FIKE:

Description	Filled Weight		Empty Weight	
	lb.	kg	lb.	kg
15.9 Liter Cylinder Assembly (Filled Cylinder and Valve)	74	33.5	64	29.0
66.7 Liter Cylinder Assembly (Filled Cylinder and Valve)	266	120.7	223	101.2
80 Liter Cylinder Assembly (Filled Cylinder and Valve)	324	147.0	273	123.8

Tabela de pré-dimensionamento de difusores para SAEI por gás IG 55, do fabricante FIKE:

NOZZLE FLOW RATES (Kg / 60 Seconds)		
NOMINAL PIPE SIZE	MINIMUM DESIGN FLOW RATE	MAXIMUM DESIGN FLOW RATE
15 mm	0.6 Kg	34 Kg
20 mm	3.5 Kg	66 Kg
25 mm	7.5 Kg	104 Kg
40 mm	15.0 Kg	255 Kg

Tabela de pré-dimensionamento de tubagens para SAEI por gás IG 55, do fabricante FIKE:

Diameter		(kg/min
mm	in	max
15	½”	42
20	¾”	82
25	1”	130
32	1 ¼”	232
40	1 ½”	318
50	2”	480
65	2 ½”	682
80	3”	1065
100	4”	1860
125	5”	2940
150	6”	4200

A.4. FOLHAS DE CÁLCULO DO SAEI – ÁGUA PULVERIZADA (SPRINKLERS)

A.4.1. REDE SPRINKLERS - CENÁRIO 1

Dimensionamento hidráulico da rede de sprinklers, considerando como área de operação mais desfavorável, a do arquivo do 3.º andar, com 54,10 m^2:

CENÁRIO 1 - Área mais desfavorável (arquivo 54,10 m2 do 3.º andar)

Classe risco		OH1							
Área de operação	A,0	54,1	m^2	Miníma	72	m^2			
Área cobertura sprinkler	A,s	6,76	m^2	Máxima	12	m^2			
Nº sprinklers em simultaneo no edifício	N,s	8,0		Máximo	15		Adotado	8	
Densidade projeto	q	5	l/min./m^2						
Caudal cálculo/ sprinkler	Q,calc	33,813	l/min	0,0006	m^3/s				Q máximo estimado 270,5
Coeficiente descarga sprinkler	K,s	80							
Pressão dinâmica sprinkler mais desfavoravel	P,s	17,864	kPa	1,8221	m.c.a	0,1787	bar		
Coeficiente de rugosidade tubagem	C	120							

Troço	Sub-ramal	Tubagem principal	N.º sprinklers a funcionar em simultaneo	Caudal de sub-ramais	Caudal acumulado de cálculo	$K_{,sprinkler}$ ou $K_{,sub-ramal}$	Comprimento da tubagem (m)			Diâmetro (mm)			U	J, Hazen-Williams	$AH_{,c}$	$AH_{,z}$	$P_{,montante}$	$P_{,jusante}$	$\Delta P_{,acumulada\ nos\ ramais\ principais}$ (m.c.a.)
							L	$L_{,eq}$	$L_{,total}$	DN	int	ext							
				(l/min)	(l/min)								(m/s)	(m/m)	(m.c.a)	(m.c.a.)	(m.c.a.)	(m.c.a.)	
S1-S2	x		1	33,81	33,81	80,00	2,86	0,86	3,72	**25**	27,30	33,70	**0,96**	0,060	0,22	0,00	1,82	2,05	_
S2-A	x		2	35,84	69,65	80,00	3,70	1,11	4,81	**25**	27,30	33,70	**1,98**	0,229	1,10	0,00	2,05	3,15	_
A-B		x	4	86,37	156,02	155,48	2,40	0,72	3,12	**50**	53,10	60,30	**1,17**	0,040	0,12	0,00	3,15	3,27	_
B-C		x	6	88,06	244,08	155,48	2,40	0,72	3,12	**50**	53,10	60,30	**1,84**	0,091	0,28	0,00	3,27	3,55	0,28
C-W		x	8	91,81	335,90	155,48	9,25	2,78	12,03	**50**	53,10	60,30	**2,53**	0,165	1,98	0,00	3,55	5,53	2,26
W-X		x	8	0,00	335,90	_	2,90	0,87	3,77	**80**	80,90	88,90	**1,09**	0,021	0,08	2,90	5,53	8,51	2,34
X-Y		x	8	0,00	335,90	_	2,90	0,87	3,77	**80**	80,90	88,90	**1,09**	0,021	0,08	2,90	8,51	11,49	2,42
Y-Z		x	8	0,00	335,90	_	2,90	0,87	3,77	**80**	80,90	88,90	**1,09**	0,021	0,08	2,90	11,49	14,47	2,50
Z-CBSI		x	8	0,00	**335,90**	_	27,30	8,19	35,49	**80**	80,90	88,90	**1,09**	0,021	0,75	2,60	14,47	**17,82**	**3,25**

U > 0,5 m/s Sim — $\Delta P_{,acumulada\ nos\ ramais\ principais} \leq 5{,}10$ *mca* Sim

U < 6 m/s Sim

A.4.2. REDE SPRINKLERS - CENÁRIO 2

Dimensionamento hidráulico da rede de sprinklers, considerando como área de operação mais desfavorável, a do arquivo do 3.º andar, com 60,90 m^2:

CENÁRIO 2 - Área mais desfavorável (arquivo 60,90 m2 do 3.º andar)

Classe risco		OH1							
Área de operação	A,0	60,9	m^2	Miníma	72	m^2			
Área cobertura sprinkler	A,s	6,09	m^2	Máxima	12	m^2			
Nº sprinklers em simultaneo no edifício	N,s	10,0		Máximo	15		Adotado	10	
Densidade projeto	q	5	l/min./m^2						
Caudal cálculo/ sprinkler	Q,calc	30,45	l/min	0,0005	m^3/s				
Coeficiente descarga sprinkler	K,s	80							
Pressão dinâmica sprinkler mais desfavoravel	P,s	14,488	kPa	1,4777	m.c.a	0,145	bar		
Coeficiente de rugosidade tubagem	C	120							

Q máximo estimado / sub-ramal 60,9

Q máximo estimado 304,5

Troço	Sub-ramal	Tubagem principal	N.º sprinklers a funcionar em simultaneo	Caudal de sub-ramais	Caudal acumulado de cálculo	$K_{,sprinkler}$ ou $K_{,sub-ramal}$	Comprimento da tubagem (m)			Diâmetro (mm)			U	J, Hazen-Williams	$AH_{,c}$	$AH_{,z}$	$P_{,montante}$	$P_{,jusante}$	$\Delta P_{,acumulada\ nos\ ramais\ principais}$ (m.c.a.)
				(l/min)	(l/min)		L	$L_{,eq}$	$L_{,total}$	DN	int	ext	(m/s)	(m/m)	(m.c.a)	(m.c.a.)	(m.c.a.)	(m.c.a.)	
S1-S2	x		1	30,45	30,45	80,00	2,75	0,83	3,58	**25**	27,30	33,70	**0,87**	0,049	0,18	0,00	1,48	1,65	_
S2-A	x		2	32,23	62,68	80,00	3,70	1,11	4,81	**25**	27,30	33,70	**1,78**	0,188	0,91	0,00	1,65	2,56	_
A-B		x	4	77,97	140,65	155,58	2,47	0,74	3,21	**50**	53,10	60,30	**1,06**	0,033	0,11	0,00	2,56	2,67	_
B-C		x	6	79,56	220,20	155,58	2,47	0,74	3,21	**50**	53,10	60,30	**1,66**	0,075	0,24	0,00	2,67	2,91	0,24
C-D		x	8	83,09	303,29	155,58	2,47	0,74	3,21	**50**	53,10	60,30	**2,28**	0,136	0,44	0,00	2,91	3,35	0,68
D-W		x	10	89,12	392,42	155,58	6,25	1,88	8,13	**50**	53,10	60,30	**2,95**	0,219	1,78	0,00	3,35	5,13	2,46
W-X		x	10	0,00	392,42	_	2,90	0,87	3,77	**80**	80,90	88,90	**1,27**	0,028	0,11	2,90	5,13	8,13	2,57
X-Y		x	10	0,00	392,42	_	2,90	0,87	3,77	**80**	80,90	88,90	**1,27**	0,028	0,11	2,90	8,13	11,14	2,68
Y-Z		x	10	0,00	392,42	_	2,90	0,87	3,77	**80**	80,90	88,90	**1,27**	0,028	0,11	2,90	11,14	14,15	2,78
Z-CBSI		x	10	0,00	**392,42**	_	27,30	8,19	35,49	**80**	80,90	88,90	**1,27**	0,028	1,00	2,60	14,15	**17,75**	**3,78**

U > 0,5 m/s Sim — $\Delta P_{,\ acumulada\ nos\ ramais\ principais} \leq 5{,}10$ *mca* Sim

U < 6 m/s Sim

A.4.3. REDE SPRINKLERS - CENÁRIO 3

Dimensionamento hidráulico da rede de sprinklers, considerando como área de operação mais desfavorável, a do arquivo do 2.º andar, com área de teto de 54,10 m^2, mais uma cortina de água com área de 24,00 m^2:

CENÁRIO 3 - Área arquivo 54,10 m2 do 2.º andar + cortina de água

Classe risco			**OH1**							
Sprinklers de tecto:										
Área de operação			A,0	54,1	m^2	Miníma	72	m^2		
Área cobertura sprinkler			A,s	4,51	m^2	Máxima	12	m^2		
Nº sprinklers em simultaneo no edifício			N,s	12,0	Máximo	15	Adotado	12		
Densidade projeto			q	5	l/min./m^2					
Caudal cálculo/ sprinkler			Q,calc	22,542	l/min	0,0004	m^3/s			
Coeficiente descarga sprinkler			K,s	80						
Pressão dinâmica sprinkler mais desfavoravel			P,s	7,9395	kPa	0,8098	m.c.a	0,0794	bar	
Coeficiente de rugosidade tubagem			C	120						
Sprinklers de cortina de água:										
Área de operação			A,0	24	m^2					
Área cobertura sprinkler			A,s	6	m^2					
Nº sprinklers em simultaneo na cortina			N,s	4,0	Adotado	4				
Densidade projeto			q	10	l/min./m^2					
Caudal cálculo/ sprinkler			Q,calc	60	l/min					
Coeficiente descarga sprinkler			K,s	80						
Pressão dinâmica sprinkler mais desfavoravel			P,s	56,25	kPa	5,7375	m.c.a	0,5628	bar	

Q máximo estimado / sub-ramal 67,625
Q máximo estimado 2 sub-ramais 135,25
Q máximo estimado / sub-ramal 240
Q total máximo estimado 510,5

Troço	Sub-ramal	Tubagem principal	N.º sprinklers a funcionar em simultaneo	Caudal de sub-ramais	Caudal acumulado de cálculo	$K_{, sprinkler}$ ou $K_{, sub-ramal}$	Comprimento da tubagem (m)			Diâmetro (mm)			U	J, Hazen-Williams	$AH_{, c}$	$AH_{, z}$	$P_{, montante}$	$P_{, jusante}$	$\Delta P_{, acumulada\ nos\ ramais\ principais}$ (m.c.a.)
							L	$L_{, eq}$	$L_{, total}$	DN	int	ext	(m/s)	(m/m)	(m.c.a)	(m.c.a.)	(m.c.a.)	(m.c.a.)	
S1-S2	x		1	22,54	22,54	80,00	2,00	0,60	2,60	**25**	27,30	33,70	**0,64**	0,028	0,07	0,00	0,81	0,88	_
S2-A	x		2	23,55	46,10	80,00	1,20	0,36	1,56	**25**	27,30	33,70	**1,31**	0,107	0,17	0,00	0,88	1,05	_
S3-A	x		1	22,54	22,54	80,00	0,80	0,24	1,04	**25**	27,30	33,70	**0,64**	0,028	0,03	0,00	0,81	0,84	_
A-B		x	3	74,82	**68,64**	233,13	2,40	0,72	3,12	**50**	53,10	60,30	**0,52**	0,009	0,03	0,00	1,05	1,08	_
B-C		x	6	75,78	144,42	233,13	2,40	0,72	3,12	**50**	53,10	60,30	**1,09**	0,035	0,11	0,00	1,08	1,18	0,11
C-D		x	9	79,48	223,90	233,13	2,40	0,72	3,12	**50**	53,10	60,30	**1,69**	0,078	0,24	0,00	1,18	1,43	0,35
D-E		x	12	87,23	**311,13**	233,13	2,40	0,72	3,12	**50**	53,10	60,30	**2,34**	0,143	0,45	0,00	1,43	1,87	0,80
C1-C2	x		1	60,00	60,00	80,00	2,40	0,72	3,12	**40**	41,90	48,30	**0,73**	0,022	0,07	0,00	5,74	5,80	_
C2-C3	x		2	60,37	120,37	80,00	2,40	0,72	3,12	**40**	41,90	48,30	**1,45**	0,078	0,24	0,00	5,80	6,05	_
C3-C4	x		3	61,62	181,99	80,00	2,40	0,72	3,12	**40**	41,90	48,30	**2,20**	0,168	0,52	0,00	6,05	6,57	_
C4-E	x		4	64,24	246,23	80,00	0,20	0,06	0,26	**40**	41,90	48,30	**2,98**	0,294	0,08	0,00	6,57	6,65	_
E-X		x	12+4	0,00	557,36	_	9,25	2,78	12,03	**80**	80,90	88,90	**1,81**	0,054	0,65	0,00	6,65	7,30	1,45
X-Y		x	12+4	0,00	557,36	_	2,90	0,87	3,77	**80**	80,90	88,90	**1,81**	0,054	0,20	2,90	7,30	10,40	1,65
Y-Z		x	12+4	0,00	557,36	_	2,90	0,87	3,77	**80**	80,90	88,90	**1,81**	0,054	0,20	2,90	10,40	13,51	1,85
Z-CBSI		x	12+4	0,00	**557,36**	_	27,30	8,19	35,49	**80**	80,90	88,90	**1,81**	0,054	1,92	2,60	13,51	**18,02**	**3,77**

U > 0,5 m/s Sim *ΔP, acumulada nos ramais principais ≤ 5,10 mca* Sim

U < 6 m/s Sim

A.4.4. REDE SPRINKLERS - CENÁRIO 4

Dimensionamento hidráulico da rede de sprinklers, considerando como área de operação mais favorável, a do arquivo do r/c, com 39,40 m^2:

CENÁRIO 4 - Área mais favorável (arquivo 39,40 m2 do R/C)

Classe risco			OH1						
Área de operação	A,0	39,4	m^2	Miníma	72	m^2			
Área cobertura sprinkler	A,s	4,925	m^2	Máxima	12	m^2			
Nº sprinklers em simultaneo no edifício	N,s	8,0		Máximo	15		Adotado	8	
Densidade projeto	q	5	l/min./m^2						
Caudal cálculo/ sprinkler	Q,calc	24,625	l/min	0,0004	m^3/s				
Coeficiente descarga sprinkler	K,s	80							
Pressão dinâmica sprinkler mais desfavoravel	P,s	9,4749	kPa	0,9664	m.c.a	0,0948	bar		
Coeficiente de rugosidade tubagem	C	120							

Q máximo estimado / sub-ramal 49,25

Q máximo estimado 197

Troço	Sub-ramal	Tubagem principal	N.º sprinklers a funcionar em simultaneo	Caudal de sub-ramais	Caudal acumulado de cálculo	$K_{,sprinkler}$ ou $K_{,sub-ramal}$	Comprimento da tubagem (m)			Diâmetro (mm)			U	J, Hazen-Williams	AH, c	AH, z	P, montante	P, jusante	ΔP, acumulada nos ramais principais (m.c.a.)
				(l/min)	(l/min)		L	$L_{,eq}$	$L_{,total}$	DN	int	ext	(m/s)	(m/m)	(m.c.a)	(m.c.a.)	(m.c.a.)	(m.c.a.)	
S1-S2	x		1	24,63	24,63	80,00	2,00	0,60	2,60	**25**	27,30	33,70	**0,70**	0,03	0,09	0,00	0,97	1,05	_
S2-S3	x		2	25,72	50,34	80,00	2,00	0,60	2,60	**25**	27,30	33,70	**1,43**	0,13	0,33	0,00	1,05	1,38	_
S3-S4	x		3	29,43	79,77	80,00	2,00	0,60	2,60	**25**	27,30	33,70	**2,27**	0,29	0,76	0,00	1,38	2,14	_
S4-A	x		4	36,69	116,46	80,00	3,15	0,95	4,10	**50**	53,10	60,30	**0,88**	0,02	0,09	0,00	2,14	2,24	_
A-V		x	8	119,01	235,47	253,94	1,25	0,38	1,63	**50**	53,10	60,30	**1,77**	0,09	0,14	0,00	2,24	2,38	_
V-Z		x	8	0,00	235,47	_	4,10	1,23	5,33	**50**	53,10	60,30	**1,77**	0,09	0,45	0,00	2,38	2,83	0,45
Z-CBSI		x	8	0,00	**235,47**	_	27,30	8,19	35,49	**80**	80,90	88,90	**0,76**	0,01	0,39	2,60	2,83	**5,82**	**0,84**

U > 0,5 m/s *Sim* $\Delta P_{,\ acumulada\ nos\ ramais\ principais} \leq 5{,}10$ *mca* *Sim*

U < 6 m/s *Sim*

A.4.5. REDE SPRINKLERS - CENÁRIO 5

Dimensionamento hidráulico, para determinar os diâmetros da rede de sprinklers no arquivo do r/c, com área de 55,70 m^2:

CENÁRIO 5 - Diemnsionamento tubagem (arquivo 55,70 m2 do R/C)

Classe risco		OH1							
Área de operação	A,0	55,7	m^2	Miníma	72	m^2			
Área cobertura sprinkler	A,s	3,98	m^2	Máxima	12	m^2			
Nº sprinklers em simultaneo no edifício	N,s	14,0		Máximo	15		Adotado	14	
Densidade projeto	q	5	l/min./m^2						
Caudal cálculo/ sprinkler	Q,calc	19,893	l/min	0,0003	m^3/s			59,679	Q máximo estimado 278,5
Coeficiente descarga sprinkler	K,s	80							
Pressão dinâmica sprinkler mais desfavoravel	P,s	6,1832	kPa	0,6307	m.c.a	0,0619	bar		
Coeficiente de rugosidade tubagem	C	120							

Troço	Sub-ramal	Tubagem principal	N.º sprinklers a funcionar em simultaneo	Caudal de sub-ramais (l/min)	Caudal acumulado de cálculo (l/min)	$K_{sprinkler}$ ou $K_{sub-ramal}$	Comprimento da tubagem (m)			Diâmetro (mm)			U (m/s)	$J_{Hazen-Williams}$ (m/m)	AH_c (m.c.a)	AH_z (m.c.a.)	$P_{montante}$ (m.c.a.)	$P_{jusante}$ (m.c.a.)	$\Delta P_{acumulada\ nos\ ramais\ principais}$ (m.c.a.)
							L	L_{eq}	L_{total}	DN	int	ext							
S1-S2	x		1	19,89	19,89	80,00	2,40	0,72	3,12	**25**	27,30	33,70	**0,57**	0,02	0,07	0,00	0,63	0,70	_
S2-S3	x		2	20,98	40,87	80,00	2,40	0,72	3,12	**25**	27,30	33,70	**1,16**	0,09	0,27	0,00	0,70	0,97	_
S3-A	x		3	24,64	65,51	80,00	3,40	1,02	4,42	**25**	27,30	33,70	**1,87**	0,20	0,90	0,00	0,97	1,87	_
S7-A	x		1	19,89	19,89	80,00	0,50	0,15	0,65	**25**	27,30	33,70	**0,57**	0,02	0,01	0,00	0,63	0,65	_
A-B		x	7	118,76	**184,27**	277,27	2,00	0,60	2,60	**50**	53,10	60,30	**1,39**	0,05	0,14	0,00	1,87	2,01	_
B-C		x	11	123,15	307,42	277,27	0,90	0,27	1,17	**50**	53,10	60,30	**2,31**	0,14	0,16	0,00	2,01	2,17	0,16
C-V		x	14	98,23	405,64	212,69	2,00	0,60	2,60	**50**	53,10	60,30	**3,05**	0,23	0,61	0,00	2,17	2,78	0,77
V-Z		x	14	0,00	405,64	_	4,10	1,23	5,33	**50**	53,10	60,30	**3,05**	0,23	1,24	0,00	2,78	4,02	2,01
Z-CBSI		x	14	0,00	**405,64**	_	27,30	8,19	35,49	**80**	80,90	88,90	**1,32**	0,03	1,07	2,60	4,02	**7,69**	**3,08**

U > 0,5 m/s Sim — *$\Delta P_{acumulada\ nos\ ramais\ principais}$ ≤ 5,10 mca* Sim

U < 6 m/s Sim

A.4.6. REDE CORTINAS DE ÁGUA

Dimensionamento hidráulico da rede de cortinas de água, para proceder ao estudo de soluções alternativas de proteção de envidraçados corta-fogo:

Cortina de água do 2.º andar com 24,00 m2

Classe risco		OH1						
Sprinklers de cortina de água:								
Área de operação	A,0	24	m^2					
Área cobertura sprinkler	A,s	6	m^2					
Nº sprinklers em simultaneo na cortina	N,s	4,0	Adotado	4				
Densidade projeto	q	10	l/min./m^2					
Caudal cálculo/ sprinkler	Q,calc	60	l/min					
Coeficiente descarga sprinkler	K,s	80						
Pressão dinâmica sprinkler mais desfavoravel	P,s	56,25	kPa	5,7375	m.c.a	0,5628	bar	
Coeficiente de rugosidade tubagem	C	120						

Q máximo estimado / sub-ramal 240

Q total máximo estimado #REF!

Troço	Sub-ramal	Tubagem principal	N.º sprinklers a funcionar em simultaneo	Caudal de sub-ramais (l/min)	Caudal acumulado de cálculo (l/min)	$K_{, sprinkler}$ ou $K_{, sub-ramal}$	Comprimento da tubagem (m) L	$L_{, eq}$	$L_{, total}$	Diâmetro (mm) DN	int	ext	U (m/s)	$J_{, Hazen-Williams}$ (m/m)	$AH_{, c}$ (m.c.a)	$AH_{, z}$ (m.c.a.)	$P_{, montante}$ (m.c.a.)	$P_{, jusante}$ (m.c.a.)	$\Delta P_{, acumulada\ nos\ ramais\ principais}$ (m.c.a.)
C1-C2	x		1	60,00	60,00	80,00	2,40	0,72	3,12	**40**	41,90	48,30	**0,73**	0,022	0,07	0,00	5,74	5,80	_
C2-C3	x		2	60,37	120,37	80,00	2,40	0,72	3,12	**40**	41,90	48,30	**1,45**	0,078	0,24	0,00	5,80	6,05	_
C3-C4	x		3	61,62	181,99	80,00	2,40	0,72	3,12	**40**	41,90	48,30	**2,20**	0,168	0,52	0,00	6,05	6,57	_
C4-E	x		4	64,24	246,23	80,00	0,20	0,06	0,26	**40**	41,90	48,30	**2,98**	0,294	0,08	0,00	6,57	6,65	_
E-X		x	4	0,00	246,23	_	9,25	2,78	12,03	**50**	53,10	60,30	**1,85**	0,093	1,11	0,00	6,65	7,76	1,11
X-Y		x	4	0,00	246,23	_	2,90	0,87	3,77	**50**	53,10	60,30	**1,85**	0,093	0,35	2,90	7,76	11,01	1,46
Y-Z		x	4	0,00	246,23	_	2,90	0,87	3,77	**50**	53,10	60,30	**1,85**	0,093	0,35	2,90	11,01	14,26	1,81
Z-CBSI		x	4	0,00	**246,23**	_	27,30	8,19	35,49	**50**	53,10	60,30	**1,85**	0,093	3,29	2,60	14,26	**20,15**	**5,10**

U > 0,5 m/s Sim — $\Delta P_{, acumulada\ nos\ ramais\ principais} \leq 5{,}10$ *mca* Sim

U < 6 m/s Sim

A.5. FOLHAS DE CÁLCULO DO SAEI – ÁGUA NEBULIZADA (WATERMIST)

A.4.7. REDE WATERMIST - CENÁRIO 1

Dimensionamento hidráulico da rede de água nebulizada de alta pressão, considerando a área de operação do arquivo do 3.º andar com área de 54,10 m^2:

WATERMIST - CENÁRIO 1 - Área arquivo 54,10 m2 do 3.º andar

Classe risco: **OH3**

Difusores de tecto:

Área de operação	A,0	54,1	m^2	Miníma	270	m^2
Área cobertura difusor	A,s	9,02	m^2	Máxima	12,25	m^2
Nº difusores em simultaneo no edifício	N,s	6,0		Máximo		Adotado 6
Densidade projeto	q	1,8	l/min./m^2			
Caudal cálculo/ difusor	Q,calc	16,23	l/min	0,0003 m^3/s		
Coeficiente descarga difusor		K,s	1,8			
Pressão dinâmica no difusor mais desfavoravel				P,s	81,35	bar
Pressão mínima aconselhável no difusor mais desfavoravel					80	bar

Tubagem:
Aço inox (soldado longitudinalmente)
K = 9,00E-04 m
$C_{,Hazen-Williams}$ = 150

Uniões: Compressão bicónica

Fluído: Água
Temperatura: 4 ºC
ν = 1,57E-06 m² /s

Troço	Nº difusores a funcionar em simultaneo	Caudal de sub-ramais	Caudal acumulado de cálculo	Caudal cálculo	K, difusor ou K, sub-ramal	L	Diâmetro (mm)		U	Re	f	L, eq - Comprimentos equivalentes relativos a perdas de carga localizadas														AH, c + AH, L (F. Darcy-Weisbach)	AH, z	P, montante	P, jusante	ΔP, acumulada nos ramais principais	Tempo máximo de descarga
												Curvas 90º		Curvas 45º		Tês com saída lateral		Tês com saída frontal		Válvulas de bola		Válvulas de guilhotina		Válvulas de borboleta		Válvulas anti retorno		Σ L, eq					
		(l/min)	(l/min)	(m^3/s)		(m)	ext	int	(m/s)			nº	L, eq	nº	L, eq	nº	L, eq	nº	L, eq	nº	L, eq	nº	L, eq	nº	L, eq	nº	L, eq	(m.c.a)	(m.c.a)	(m.c.a.)	(bar)	(bar)	(bar)	(s)
S1-S2	1	16,23	16,23	0,000	1,80	**3,00**	**12**	9,60	**3,74**	22851	0,100	1	0,15		0,00		0,46		0,00		0,00		0,00		0,00		0,46	0,34	24,63	0,00	81,35	83,77	_	0,8
S2-A	2	16,47	32,70	0,001	1,80	**1,05**	**16**	13,00	**4,11**	34003	0,085		0,15		0,00		0,46	1	0,00		0,00		0,00		0,00		0,46	0,00	5,89	0,00	83,77	84,34	_	1,1
A-B	2	0,00	32,70	0,001	3,57	**3,20**	**16**	13,00	**4,11**	34003	0,085	1	0,15		0,00		0,46		0,00		0,00		0,00		0,00		0,46	0,19	19,01	0,00	84,34	86,21	_	1,8
B-C	4	33,18	65,88	0,001	3,57	**3,20**	**20**	16,00	**5,46**	55655	0,076		0,31		0,15		0,61	1	0,00		0,00		0,00		0,00		0,61	0,00	23,22	0,00	86,21	88,49	2,32	2,4
C-W	6	33,61	99,50	0,002	3,57	**9,05**	**20**	16,00	**8,25**	84051	0,076	3	0,31		0,15		0,61	1	0,00		0,00		0,00		0,00		0,61	1,33	171,30	0,00	88,49	105,29	19,45	3,5
W-X	6	0,00	99,50	0,002	_	**2,90**	**25**	21,00	**4,79**	64039	0,067	1	0,61		0,15		0,91	1	0,00		0,00		0,00		0,00		0,91	1,00	14,63	2,90	105,29	107,01	20,91	4,1
X-Y	6	0,00	99,50	0,002	_	**2,90**	**25**	21,00	**4,79**	64039	0,067	1	0,61		0,15		0,91	1	0,00		0,00		0,00		0,00		0,91	1,00	14,63	2,90	107,01	108,73	22,38	4,7
Y-Z	6	0,00	99,50	0,002	_	**2,90**	**25**	21,00	**4,79**	64039	0,067		0,61		0,15	1	0,91		0,00		0,00		0,00		0,00		0,91	1,50	16,49	2,90	108,73	110,63	24,03	5,3
Z-CBSI	6	0,00	**99,50**	0,002	_	**22,80**	**25**	21,00	**4,79**	64039	0,067	5	0,61		0,15	1	0,91	1	0,00		0,00		0,00	1	0,00	1	0,91	8,01	115,51	2,60	110,63	**122,22**	**35,58**	**10,1**

P ,máx ≤ 140 *t ,máx* ≤ 60
Sim Sim

A.4.8. REDE WATERMIST - CENÁRIO 2

Dimensionamento hidráulico da rede de água nebulizada de alta pressão, considerando a área de operação do arquivo do 3.º andar com área de 60,90 m^2:

WATERMIST - CENÁRIO 2 - Área mais desfavorável (arquivo 60,90 m2 do 3.º andar)

Classe risco: **OH3**

Difusores de tecto:

Área de operação	A,0	60,9	m^2	Miníma	270	m^2
Área cobertura difusor	A,s	7,61	m^2	Máxima	12,25	m^2
Nº difusores em simultaneo n(	N,s	8,0	Máximo	Adotado	8	
Densidade projeto	q	1,8	l/min./m^2			
Caudal cálculo/ difusor	Q,calc	13,7	l/min	2E-04	m^3/s	
Coeficiente descarga difusor		K,s	1,45			
Pressão dinâmica no difusor mais desfavoravel			P,s	89,36	bar	#### kPa
Pressão mínima aconselhável no difusor mais desfavoravel				80	bar	#### m.c.a

Tubagem:
Aço inox (soldado longitudinalmente)
K = 9,00E-04 m
C, Hazen-Williams = 150

Uniões: Compressão bicónica

Fluído: Água
Temperatura: 4 ºC
ν = 1,57E-06 m² /s

Troço	N.º difusores a funcionar em simultaneo	Caudal de sub-ramais	Caudal acumulado de cálculo	K, difusor ou K, sub-ramal	L	Diâmetro (mm)		U	Re	f	L, eq - Comprimentos equivalentes relativos a perdas de carga localizadas																						AH, c + AH, L (F. Darcy-Weisbach)	AH, z	P, montante	P, jusante	ΔP, acumulada nos ramais principais	Tempo máximo de descarga
											Curvas 90º		Curvas 45º		Tês com saída lateral		Tês com saída frontal		Válvulas de bola		Válvulas de guilhotina		Válvulas de borboleta		Válvulas anti retorno		Σ L, eq										
											nº	L, eq	nº	L, eq	nº	L, eq	nº	L, eq	nº	L, eq	nº	L, eq	nº	L, eq	nº	L, eq	(m.c.a)	(m.c.a)	(m.c.a.)	(bar)	(bar)	(bar)	(s)
		(l/min)	(l/min)		(m)	ext	int	(m/s)																													
S1-S2	1	13,70	13,70	1,45	**2,75**	**12**	9,60	**3,16**	19292	0,100	1	0,15		0,00		0,46		0,00		0,00		0,00		0,00		0,46	0,34	16,28	0,00	89,36	90,95	_	0,9
S2-A	2	13,83	27,53	1,45	**1,20**	**16**	13,00	**3,46**	28625	0,085		0,15		0,00		0,46	1	0,00		0,00		0,00		0,00		0,46	0,00	4,78	0,00	90,95	91,42	_	1,2
A-B	2	0,00	27,53	2,89	**2,70**	**16**	13,00	**3,46**	28625	0,085	1	0,15		0,00		0,46		0,00		0,00		0,00		0,00		0,46	0,19	11,51	0,00	91,42	92,55	_	2,0
B-C	4	27,77	55,30	2,89	**2,70**	**20**	16,00	**4,58**	46718	0,076		0,31		0,15		0,61	1	0,00		0,00		0,00		0,00		0,61	0,00	13,82	0,00	92,55	93,91	1,38	2,6
C-D	6	27,97	83,28	2,89	**2,70**	**20**	16,00	**6,90**	70351	0,076		0,31		0,15		0,61	1	0,00		0,00		0,00		0,00		0,61	0,00	31,24	0,00	93,91	96,97	3,12	3,0
D-W	8	27,97	83,28	2,89	**6,90**	**20**	16,00	**6,90**	70351	0,076	1	0,31		0,15		0,61	1	0,00		0,00		0,00		0,00		0,61	0,44	84,98	0,00	93,91	102,25	9,88	4,0
W-X	8	0,00	83,28	_	**2,90**	**25**	21,00	**4,01**	53601	0,068	1	0,61		0,15	1	0,91		0,00		0,00		0,00		0,00		0,91	2,50	14,21	2,90	102,25	103,92	11,30	4,7
X-Y	8	0,00	83,28	_	**2,90**	**25**	21,00	**4,01**	53601	0,068		0,61		0,15		0,91	1	0,00		0,00		0,00		0,00		0,91	0,00	7,63	2,90	103,92	104,96	12,06	5,4
Y-Z	8	0,00	83,28	_	**2,90**	**25**	21,00	**4,01**	53601	0,068		0,61		0,15		0,91	1	0,00		0,00		0,00	1	0,00	1	0,91	0,00	7,63	2,90	104,96	105,99	12,83	6,2
Z-CBSI	8	0,00	**83,28**	_	**27,30**	**25**	21,00	**4,01**	53601	0,068	5	0,61		0,15	1	0,91	1	0,00		0,00		0,00	1	0,00	1	0,91	8,01	92,91	2,60	105,99	**115,36**	**22,12**	**13,0**

P, máx ≤ 140 *t, máx* ≤ 60

Sim Sim

A.4.9. REDE WATERMIST - CENÁRIO 3

Dimensionamento hidráulico da rede de água nebulizada de alta pressão, considerando a área de operação do arquivo do r/c, com área de 55,70 m^2:

WATERMIST - CENÁRIO 3 - Área arquivo 55,70 m2 do R/C

Classe risco: **OH3**

Difusores de tecto:

Área de operação	A,0	55,7	m^2	Miníma	270	m^2
Área cobertura difusor	A,s	9,28	m^2	Máxima	12,25	m^2
Nº difusores em simultaneo no edifíc	N,s	6,0		Máximo		Adotado 6
Densidade projeto	q	1,8	l/min./m^2			
Caudal cálculo/ difusor	Q,calc	16,7	l/min	3E-04	m^3/s	
Coeficiente descarga difusor	K,s	1,8				
Pressão dinâmica no difusor mais desfavoravel	P,s	86,23	bar	####	m.c.a	
Pressão mínima aconselhável no difusor mais desfavoravel		80	bar	####	kPa	

Tubagem:
Aço inox (soldado longitudinalmente)
K = 9,00E-04 m
$C_{,Hazen-Williams}$ = 150

Uniões: Compressão bicónica

Fluído: Água
Temperatura: 4 ºC
ν = 1,57E-06 m^2/s

Troço	N.º difusores a funcionar em simultaneo	Caudal de sub-ramais	Caudal acumulado de cálculo	$K_{,difusor}$ ou $K_{,sub-ramal}$	L	Diâmetro (mm)		U	Re	f	$L_{,eq}$ - Comprimentos equivalentes relativos a perdas de carga localizadas																				AH, c + AH, L (F. Darcy-Weisbach)	**AH, z**	**P, montante**	**P, jusante**	**ΔP, acumulada nos ramais principais**	Tempo máximo de descarga
											Curvas 90º		Curvas 45º		Tês com saída lateral		Tês com saída frontal		Válvulas de bola		Válvulas de guilhotina		Válvulas de borboleta		Válvulas anti retorno		Σ $L_{,eq}$										
											nº	$L_{,eq}$	nº	$L_{,eq}$	nº	$L_{,eq}$	nº	$L_{,eq}$	nº	$L_{,eq}$	nº	$L_{,eq}$	nº	$L_{,eq}$	nº	$L_{,eq}$										
		(l/min)	(l/min)		(m)	ext	int	(m/s)																				(m.c.a)	(m.c.a)	(m.c.a.)	(bar)	(bar)	(bar)	(s)
S1-S2	1	16,71	16,71	1,80	**2,30**	**12**	9,60	**3,85**	23527	0,100	1	0,15		0,00		0,46		0,00		0,00		0,00		0,00		0,46	0,34	20,62	0,00	86,23	88,26	_	0,6
S2-S3	2	16,91	33,62	1,80	**2,30**	**16**	13,00	**4,22**	34955	0,085		0,15		0,00		0,46	1	0,00		0,00		0,00		0,00		0,46	0,00	13,62	0,00	88,26	89,59	_	1,1
S3-A	3	17,04	50,66	1,80	**1,50**	**16**	13,00	**6,36**	52670	0,084		0,15		0,00		0,46	1	0,00		0,00		0,00		0,00		0,46	0,00	20,10	0,00	89,59	91,56	_	1,4
A-B	3	0,00	50,66	5,35	**3,50**	**16**	13,00	**6,36**	52670	0,084	1	0,15		0,00		0,46		0,00		0,00		0,00		0,00		0,46	0,19	49,45	0,00	91,56	96,42	_	1,9
B-V	6	52,55	103,21	5,35	**2,00**	**20**	16,00	**8,56**	87188	0,076		0,31		0,15		0,61	1	0,00		0,00		0,00		0,00		0,61	0,00	35,50	0,00	96,42	99,90	3,55	2,2
V-Z	6	0,00	103,21	_	**4,10**	**25**	21,00	**4,97**	66429	0,067		0,61		0,15	1	0,91		0,00		0,00		0,00		0,00		0,91	1,50	22,57	0,00	99,90	102,11	5,81	3,0
Z-CBSI	6	0,00	**103,21**	_	**22,80**	**25**	21,00	**4,97**	66429	0,067	5	0,61		0,15	1	0,91	1	0,00		0,00		0,00	1	0,00	1	0,91	8,01	124,26	2,60	102,11	**114,56**	**18,23**	**7,6**

$P_{,máx}$ ≤ 140 *$t_{,máx}$ ≤ 60*
Sim *Sim*

A.4.10. REDE WATERMIST - CENÁRIO 4

Dimensionamento hidráulico da rede de água nebulizada de alta pressão, considerando a área de operação do arquivo do r/c com área de 39,40 m^2:

WATERMIST - CENÁRIO 4 - Área arquivo 39,40 m2 do R/C

Classe risco: **OH3**

Difusores de tecto:

Área de operação	A,0	39,4	m^2	Miníma	270	m^2
Área cobertura difusor	A,s	9,85	m^2	Máxima	12,25	m^2
Nº difusores em simultaneo r	N,s	4,0		Máximo	Adotado	4
Densidade projeto	q	1,8	l/min./m^2			
Caudal cálculo/ difusor	Q,calc	17,7	l/min	0,0003	m^3/s	
Coeficiente descarga difusor	K,s	1,8		989,63	m.c.a	
Pressão dinâmica no difusor mais desfavoravel	P,s	97,08	bar	#####	kPa	
Pressão mínima aconselhável no difusor mais desfavoravel		80	bar			

Tubagem:
Aço inox (soldado longitudinalmente)
K = 9,00E-04 m
$C_{,Hazen\text{-}Williams}$ = 150

Uniões: Compressão bicónica

Fluído: Água
Temperatura: 4 ºC
ν = 1,57E-06 m²/s

Troço	N.º difusores a funcionar em simultaneo	Caudal de sub-ramais	Caudal acumulado de cálculo	K, difusor ou K, sub-ramal	L	Diâmetro (mm)		U	Re	f	$L_{,eq}$ - Comprimentos equivalentes relativos a perdas de carga localizadas																AH, c + AH, L (F. Darcy-Weisbach)	**AH, z**	**P, montante**	**P, jusante**	**ΔP, acumulada nos ramais principais**	Tempo máximo de descarga
											Curvas 90º		Curvas 45º		Tês com saída lateral		Tês com saída frontal		Válvulas de bola		Válvulas de guilhotina		Válvulas de borboleta		Válvulas anti retorno		Σ $L_{,eq}$					
		(l/min)	(l/min)		(m)	ext	int	(m/s)			nº	$L_{,eq}$	nº	$L_{,eq}$	nº	$L_{,eq}$	nº	$L_{,eq}$	nº	$L_{,eq}$	nº	$L_{,eq}$	nº	$L_{,eq}$	nº	$L_{,eq}$	(m.c.a)	(m.c.a)	(m.c.a.)	(bar)	(bar)	(bar)	(s)
S1-S2	1	17,73	17,73	1,80	**3,60**	**12**	9,60	**4,08**	24963	0,099	1	0,15		0,00		0,46		0,00		0,00		0,00		0,00		0,46	0,34	34,64	0,00	97,08	100,48	_	0,9
S2-A	2	18,04	35,77	1,80	**1,80**	**16**	13,00	**4,49**	37194	0,085		0,15		0,00		0,46	1	0,00		0,00		0,00		0,00		0,46	0,00	12,06	0,00	100,48	101,66	_	1,3
A-B	2	0,00	35,77	1,80	**2,75**	**16**	13,00	**4,49**	37194	0,085	1	0,15		0,00		0,46		0,00		0,00		0,00		0,00		0,46	0,19	19,71	0,00	101,66	103,60	_	1,9
B-V	4	18,32	54,09	1,80	**1,37**	**20**	16,00	**4,48**	45697	0,076		0,31		0,15		0,61	1	0,00		0,00		0,00		0,00		0,61	0,00	6,71	0,00	103,60	104,26	0,67	2,2
V-Z	4	0,00	54,09	_	**4,10**	**25**	21,00	**2,60**	34817	0,068		0,61		0,15		0,91	1	0,00		0,00		0,00		0,00		0,91	0,00	4,58	0,00	104,26	104,70	1,13	3,8
Z-CBSI	4	0,00	**54,09**	_	**22,80**	**25**	21,00	**2,60**	34817	0,068	5	0,61		0,15	1	0,91	1	0,00		0,00		0,00	1	0,00	1	0,91	8,01	34,40	2,60	104,70	**108,33**	**4,57**	**12,5**

$P_{,máx}$ ≤ 140 *$t_{,máx}$ ≤ 60*
Sim *Sim*

A.4.11. RIA WATERMIST

Dimensionamento hidráulico da rede fixa para extinção manual de 1.ª intervenção (RIA), por água nebulizada a alta pressão:

RIA abastecida pela CBSI de água nebulizada a trabalhar com K 3,7 watermist

Tubagem: Aço inox (soldado longitudinalmente)
K = 9,00E-04 m
$C_{Hazen-Williams}$ = 150
Uniões: Compressão bicónica

Carréteis:
Pressão mínima aconselhável no carretel mais desfavoravel: 80 bar
Coeficiente descarga carretel K, água nebulizad 3,7 $l/min.bar^{0,5}$
Caudal debitado por carretel à pressão mínima considerada: 0,55 l/s

Fluído: Água
Temperatura: 4 ºC
ν = 1,57E-06 m² /s

Troço	Carretéis em simultâneo ($Q_{K??}$=25 l/min)	Q_{ac} (l/s)	Q_{ac} (l/min)	L (m)	$U_{teórica}$ (m/s)	$\emptyset = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times U}}$ (mm)	Ø comercial DN (mm)	Ø comercial Int. (mm)	$U_{corrigida}$ (m/s)	Re	f	$AH,C=\frac{1,3.L.f.U^2}{(D.2.g)}$ (m.c.a)	AH_L+Z (m.c.a)	$P_{Jus.}$ (bar)	$P_{Mont.}$ (bar)
BIATC-A	1	0,55	33,09	0,50	2,00	18,74	**16**	13,00	4,16	34408	0,0848	3,73	0,00	2,50	2,87
A-B	1	0,55	33,09	2,90	2,00	18,74	**16**	13,00	4,16	34408	0,0848	21,64	2,90	2,87	5,33
B-C	1	0,55	33,09	2,90	2,00	18,74	**16**	13,00	4,16	34408	0,0848	21,64	2,90	5,33	7,78
C-D	2	1,10	66,19	5,30	2,00	26,50	**16**	13,00	8,31	68816	0,0843	157,30	1,80	7,78	23,69
D-CBSI	2	**1,10**	**66,19**	30,30	2,00	26,50	**16**	13,00	8,31	68816	0,0843	899,27	2,60	23,69	113,88

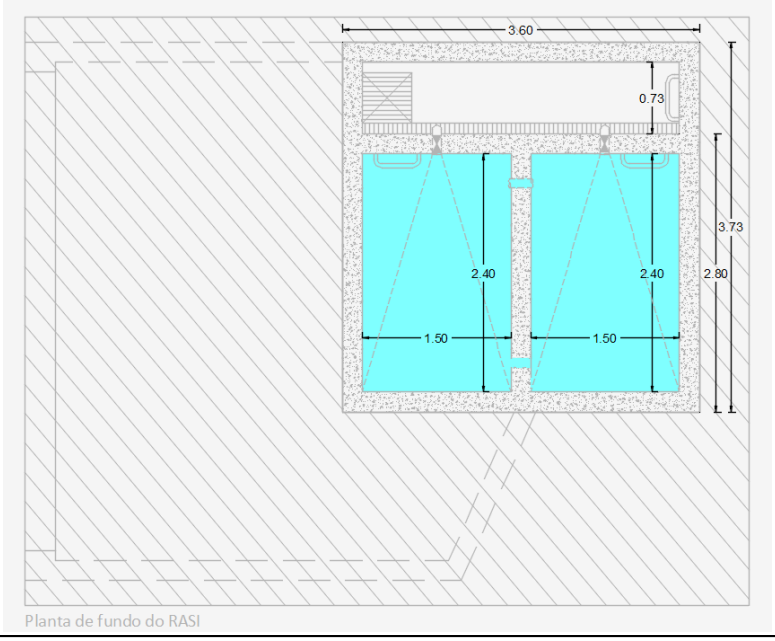
A.6. FOLHAS DE CÁLCULO DO RASI

A.5.1. RASI (CARRETÉIS 60 MIN.)

Folha de cálculo do reservatório de água do serviço de incêndio, para alimentação, da rede de carretéis durante 60 minutos:

Dimensionamento do RASI (carretéis 60 min.)									
Dispositivos incêndio	Quant.	n.º máx dispositivos em simultâneo			$Q_{,unitário}$	$Q_{,calc}$	$Q_{,calc}$	Tempo de autonomia	Volume consumido
	(un)	metade	máximo	n.º máx	(l/s)	(l/s)	(l/min)	(min)	(l)
1ª Intervenção	4	2	4	2	1,70	3,40	204,00	60	12240,00
2ª Intervenção			4						
Hidrantes		-	2						
Sprinklers							$Q_{,s}$ (l/min)	Tempo de autonomia (l/min)	Volume consumido (l)
Cortinas de Água							$Q_{,c}$ (l/min)	Tempo de autonomia (min)	Volume consumido (l)
						$Q_{,nom}$ (l/min)→	**204,00**	**$V_{,total}$ (l)→**	**12240,00**

Determinação das dimensões do RASI									
Volume útil (m^3)	**Largura útil (m)**	**Altura útil (m)**	**Comprim/ útil (m)**	**Largura final (m)**	**Largura máxima (m)**	**Comprim/ final (m)**	**Comprim/ máximo (m)**	**Altura final (m)**	**Volume final (m^3)**
12,24	2,40	1,70	3,00	*3,73*	3,73	*3,60*	3,60	*3,00*	*40,28*
					ok		ok		



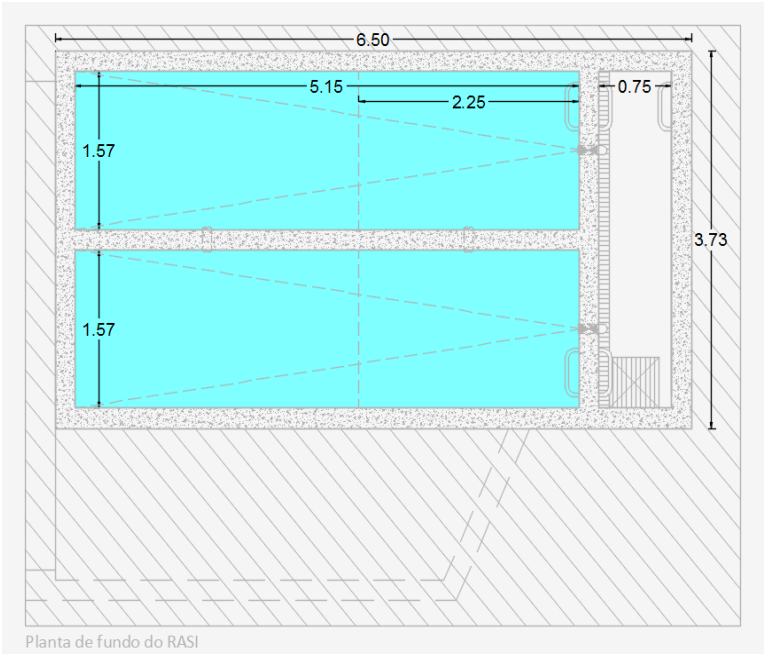
Planta de fundo do RASI

A.5.2. RASI (CARRETÉIS 60 MIN. + CORTINAS ÁGUA 60 MIN.)

Folha de cálculo do reservatório de água do serviço de incêndio, para alimentação, em simultâneo, da rede de carretéis e da rede de cortinas de água, durante 60 minutos:

Dimensionamento do RASI (carretéis 60 min. + cortina água 60 min.)									
Dispositivos incêndio	Quant. (un)	n.º máx dispositivos em simultâneo			$Q_{unitário}$ (l/s)	Q_{calc} (l/s)	Q_{calc} (l/min)	Tempo de autonomia (min)	Volume consumido (l)
		metade	máximo	n.º máx					
1ª Intervenção	4	2	4	2	1,70	3,40	204,00	60	12240,00
2ª Intervenção			4						
Hidrantes		-	2						
Sprinklers							$Q_{,S}$ (l/min)	Tempo de autonomia (l/min)	Volume consumido (l)
Cortinas de Água							$Q_{,c}$ (l/min)	Tempo de autonomia (min)	Volume consumido (l)
							246,23	60	14773,79
						Q_{nom} (l/min)→	**450,23**	**V, $_{total}$ (l)→**	**27013,79**

Determinação das dimensões do RASI									
Volume útil (m^3)	**Largura útil (m)**	**Altura útil (m)**	**Comprim/ útil (m)**	**Largura final (m)**	**Largura máxima (m)**	**Comprim/ final (m)**	**Comprim/ máximo (m)**	**Altura final (m)**	**Volume final (m^3)**
27,01	3,13	1,70	5,08	*3,73*	3,73	*6,43*	6,50	*3,00*	*71,92*
					ok		ok		



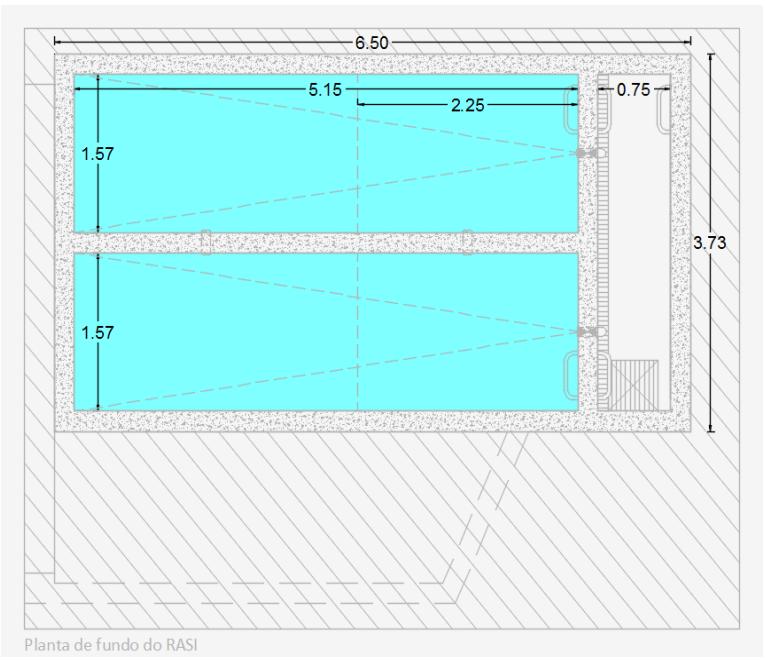
Planta de fundo do RASI

A.5.3. RASI (CARRETÉIS 60 MIN. + CORTINAS ÁGUA 90 MIN.)

Folha de cálculo do reservatório de água do serviço de incêndio, para alimentação, em simultâneo, da rede de carretéis, durante 60 minutos e da rede de cortinas de água, durante 90 minutos:

Dimensionamento do RASI (carretéis 60 min. + cortina água 90 min.)									
Dispositivos incêndio	Quant. (un)	n.º máx dispositivos em simultâneo			$Q_{unitário}$ (l/s)	Q_{calc} (l/s)	Q_{calc} (l/min)	Tempo de autonomia (min)	Volume consumido (l)
		metade	máximo	n.º máx					
1ª Intervenção	4	2	4	2	1,70	3,40	204,00	60	12240,00
2ª Intervenção			4						
Hidrantes		-	2						
Sprinklers							$Q_{,S}$ (l/min)	Tempo de autonomia (l/min)	Volume consumido (l)
Cortinas de Água							$Q_{,c}$ (l/min)	Tempo de autonomia (min)	Volume consumido (l)
							246,23	90	22160,68
						$Q_{,nom}$ (l/min)→	**450,23**	**$V_{,total}$ (l)→**	**34400,68**

Determinação das dimensões do RASI									
Volume útil (m^3)	**Largura útil (m)**	**Altura útil (m)**	**Compri m/ útil (m)**	**Largura final (m)**	**Largura máxima (m)**	**Comprim/ final (m)**	**Comprim/ máximo (m)**	**Altura final (m)**	**Volume final (m^3)**
34,40	3,13	2,15	5,11	*3,73*	3,73	*6,46*	6,50	*3,45*	*83,16*
					ok		ok		



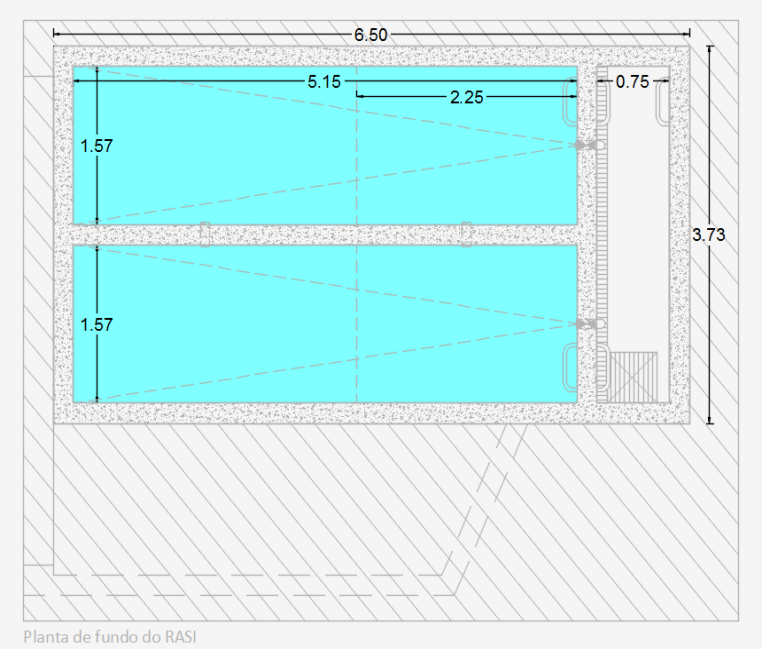
Planta de fundo do RASI

A.5.4. RASI (CARRETÉIS 60 MIN. + CORTINAS ÁGUA 60 MIN. + SPRINKLERS 60 MIN.)

Folha de cálculo do reservatório de água do serviço de incêndio, para alimentação, em simultâneo, da rede de carretéis durante 60 minutos e da rede de sprinklers com cortinas de água (no cenário de funcionamento 3), durante 60 minutos:

Dimensionamento do RASI (carretéis 60 min. + cortina água 60 min. + sprinklers 60 min.)									
Dispositivos incêndio	Quant. (un)	n.º máx dispositivos em simultâneo			$Q_{v\,unitário}$ (l/s)	$Q_{v\,calc}$ (l/s)	$Q_{v\,calc}$ (l/min)	Tempo de autonomia (min)	Volume consumido (l)
		metade	máximo	n.º máx					
1ª Intervenção	4	2	4	2	1,70	3,40	204,00	60	12240,00
2ª Intervenção			4						
Hidrantes		-	2						
Sprinklers (cenário 3)							$Q_{v,S}$ (l/min)	Tempo de autonomia (l/min)	Volume consumido (l)
							311,13	60	18667,69
Cortinas de Água (cenário 3)							$Q_{v,c}$ (l/min)	Tempo de autonomia (min)	Volume consumido (l)
							246,23	60	14773,79
						$Q_{v\,nom}$ (l/min)→	**761,36**	**V, $_{total}$ (l)→**	**45681,48**

Determinação das dimensões do RASI									
Volume útil (m^3)	**Largura útil (m)**	**Altura útil (m)**	**Compri m/ útil (m)**	**Largura final (m)**	**Largura máxima (m)**	**Comprim/ final (m)**	**Comprim/ máximo (m)**	**Altura final (m)**	**Volume final (m^3)**
45,68	3,13	2,85	5,12	*3,73*	3,73	*6,47*	6,50	*4,15*	*100,17*
					ok		ok		



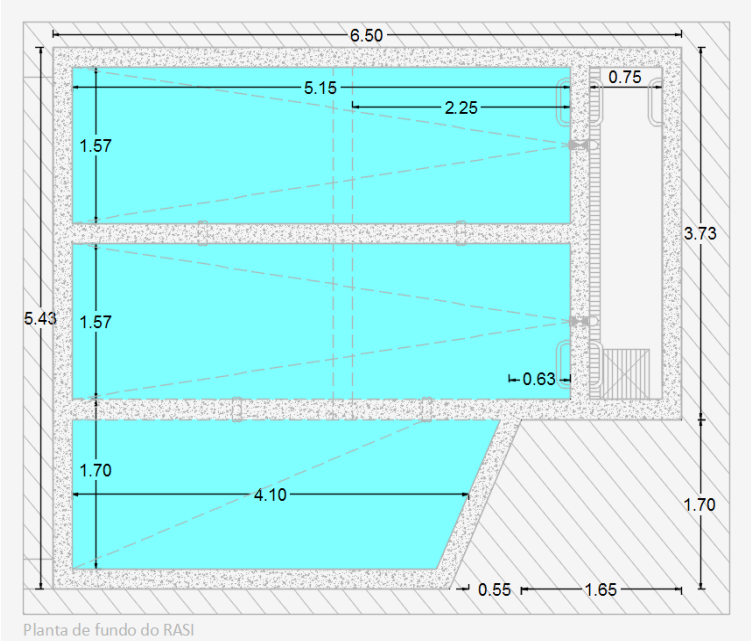
Planta de fundo do RASI

A.5.5. RASI (CARRETÉIS 60 MIN. + CORTINAS ÁGUA 90 MIN. + SPRINKLERS 90 MIN.)

Folha de cálculo do reservatório de água do serviço de incêndio, para alimentação, em simultâneo, da rede de carretéis durante 60 minutos e da rede de sprinklers com cortinas de água (no cenário de funcionamento 3), durante 90 minutos:

Dimensionamento do RASI (carretéis 60 min. + cortina água 90 min. + sprinklers 90 min.)									
Dispositivos incêndio	Quant. (un)	n.º máx dispositivos em simultâneo			$Q_{unitário}$ (l/s)	Q_{calc} (l/s)	Q_{calc} (l/min)	Tempo de autonomia (min)	Volume consumido (l)
		metade	máximo	n.º máx					
1ª Intervenção	4	2	4	2	1,70	3,40	204,00	60	12240,00
2ª Intervenção			4						
Hidrantes		-	2						
Sprinklers (cenário 3)							$Q_{,S}$ (l/min)	Tempo de autonomia (l/min)	Volume consumido (l)
							311,13	90	28001,54
Cortinas de Água (cenário 3)							$Q_{,c}$ (l/min)	Tempo de autonomia (min)	Volume consumido (l)
							246,23	90	22160,68
						Q_{nom} (l/min)→	**761,36**	**$V_{,total}$ (l)→**	**62402,22**

Determinação das dimensões do RASI									
Volume útil (m^3)	**Área (m)**	**Altura útil (m)**	**Perímetro interno (m)**	**Área externa (m)**	**Altura final (m)**	**Volume final (m^3)**	**Largura máxima 1 (m)**	**Largura máxima 2 (m)**	**Comprim/ máximo (m)**
62,40	23,14	2,70	38,83	*31,70*	*4,00*	*126,71*	3,73	5,43	6,50



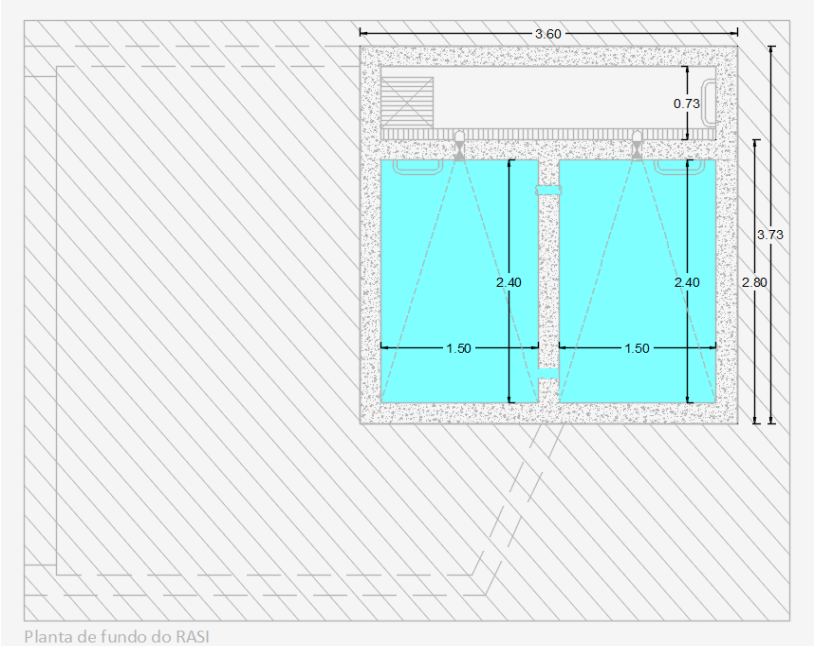
Planta de fundo do RASI

A.5.1. RASI (SAEI - WATERMIST 60 MIN.)

Folha de cálculo do reservatório de água do serviço de incêndio, para alimentação, em simultâneo, da rede de carretéis e da rede de extinção automática por água nebulizada, durante 60 minutos:

Dimensionamento do RASI (RIA watermist 60 min. + SAEI watermist 60 min.)									
Dispositivos incêndio	Quant.	n.º máx dispositivos em simultâneo			$Q_{unitário}$	Q_{calc}	Q_{calc}	Tempo de autonomia	Volume consumido
	(un)	metade	máximo	n.º máx	(l/s)	(l/s)	(l/min)	(min)	(l)
1ª Intervenção	4	2	4	2	0,55	1,10	66,19	60	3971,26
2ª Intervenção			4						
Hidrantes		-	2						
SAEI watermist (cenário 3)							$Q_{,S}$ (l/min)	Tempo de autonomia (l/min)	Volume consumido (l)
							103,21	60	6192,53
Cortinas de Água							$Q_{,c}$ (l/min)	Tempo de autonomia (min)	Volume consumido (l)
						$Q_{,nom}$ (l/min)→	**169,40**	**$V_{,total}$ (l)→**	**10163,79**

Determinação das dimensões do RASI									
Volume útil (m^3)	**Largura útil (m)**	**Altura útil (m)**	**Comprim / útil (m)**	**Largura final (m)**	**Largura máxima (m)**	**Comprim/ final (m)**	**Comprim/ máximo (m)**	**Altura final (m)**	**Volume final (m^3)**
10,16	2,40	1,45	2,92	*3,73*	3,73	*3,52*	3,60	*2,75*	*36,11*



Planta de fundo do RASI

A.5.2. CONDUTA ADUTORA DO RASI (CARRETÉIS 60 MIN)

Folha de cálculo da conduta adutora ao RASI e do ramal de ligação à rede publica de abastecimento de água, apenas para a rede de carretéis, alimentada por um reservatório com autonomia de 60 minutos:

Dimensionamento conduta adutora				Material tubagem:		AG (Aço galvanizado da série média)					$a_{(rugosidade\ tubagem)}$:	0,00074	
Troço	$V_{,RASI}$	$U_{,adutora}$	$t_{,reposição}$	L	$\emptyset = \sqrt{\frac{4 \times V}{\pi \times U \times t}}$	**Ø comercial**		$U_{,corrigida}$	$J_{,Flamant}$	$AH_{,C}$	$AH_{,L}+Z$	$P_{Mont.}$	$P_{Jus.}$
						Int.	**DN**			(1,3.L.J)			
	(l)	(m/s)	(h)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(m/s)	(m/m)	(m.c.a)	(m.c.a)	(m.c.a)	(m.c.a)
RASI-CONT	12240	2,00	8,00	39,30	16,45	**21,70**	**20**	1,15	0,1133	5,34	-1,00	30,00	**25,66**

Dimensionamento ramal ligação					Material tubagem:	PVC						$a_{(rugosidade\ tubagem)}$:	0,00074	
Troço	L	$Q_{,rede\ predial\ abast.\ Água}$	$Q_{,adução}$	$Q_{,total}$	$U_{,teórica}$	$\emptyset = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times U}}$	Material dos tubos	**Diâmetro**		$U_{,corrigida}$	$J_{,Flamant}$	$AH_{,C}$	AH,L + Z	**P Jus.**	**P Mont.**
								Int.	**DN**			(1,3.L.J)			
	(m)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m/s)	(mm)		(mm)	(mm)	(m/s)	(m/m)	(m.c.a)	(m.c.a)	(m.c.a)	(m.c.a)
Ramal ligação	1,00	0,74	0,43	1,17	2,00	27,23	PVC	**27,20**	**32**	2,00	0,2263	0,27	0,00	30,27	30,00

A.5.3. CONDUTA ADUTORA DO RASI (CARRETÉIS 60 MIN. + CORTINAS ÁGUA 60 MIN. + SPRINKLERS 60 MIN.)

Folha de cálculo da conduta adutora ao RASI e do ramal de ligação à rede publica de abastecimento de água, para a rede de carretéis e para a rede de sprinklers com cortinas de água integradas, alimentadas por um reservatório com autonomia de 60 minutos:

Dimensionamento conduta adutora	Material tubagem:	AG (Aço galvanizado da série média)					$a_{(rugosidade\ tubagem)}$:	0,00074					
Troço	$V_{,RASI}$	$U_{,adutora}$	$t_{,reposição}$	L	$\emptyset = \sqrt{\frac{4 \times V}{\pi \times U \times t}}$	**Ø comercial**		$U_{,corrigida}$	$J_{,Flamant}$	$AH_{,C}$	$AH_{,L}+Z$	$P_{Mont.}$	$P_{Jus.}$
						Int.	**DN**			(1,3.L.J)			
	(l)	(m/s)	(h)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(m/s)	(m/m)	(m.c.a)	(m.c.a)	(m.c.a)	(m.c.a)
RASI-CONT	45681	2,00	8,00	39,30	31,78	**36,00**	**32**	1,56	0,1026	4,84	-1,00	30,00	**26,16**

Dimensionamento ramal ligação	Material tubagem:	PVC								$a_{(rugosidade\ tubagem)}$:	0,00074			
Troço	L	$Q_{,rede\ predial\ abast.\ Água}$	$Q_{,adução}$	$Q_{,total}$	$U_{,teórica}$	$\emptyset = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times U}}$	Material dos tubos	**Diâmetro**		$U_{,corrigida}$	$J_{,Flamant}$	$AH_{,C}$	AH,L + Z	**P Jus.**	**P Mont.**
								Int.	**DN**			(1,3.L.J)			
	(m)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m/s)	(mm)		(mm)	(mm)	(m/s)	(m/m)	(m.c.a)	(m.c.a)	(m.c.a)	(m.c.a)
Ramal ligação	1,00	0,74	1,59	2,33	2,00	38,48	PVC	**34,00**	**40**	2,56	0,2630	0,32	0,00	30,32	30,00

A.5.1. CONDUTA ADUTORA DO RASI (SAEI - WATERMIST 60 MIN.)

Folha de cálculo da conduta adutora ao RASI e do ramal de ligação à rede publica de abastecimento de água, para o SAEI por água nebulizada, alimentado por um reservatório com autonomia de 60 minutos:

Dimensionamento conduta adutora	Material tubagem:	PVC								$a_{(rugosidade\ tubagem)}$:	0,00054		
Troço	$V_{,RASI}$	$U_{,adutora}$	$t_{,reposição}$	L	$\emptyset = \sqrt{\frac{4 \times V}{\pi \times U \times t}}$	**Ø comercial**		$U_{,corrigida}$	$J_{,Flamant}$	$AH_{,C}$	$AH_{,L}+Z$	$P_{Mont.}$	$P_{Jus.}$
						Int.	**DN**			(1,3.L.J)			
	(l)	(m/s)	(h)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(m/s)	(m/m)	(m.c.a)	(m.c.a)	(m.c.a)	(m.c.a)
RASI-CONT	10164	2,00	2,00	39,30	29,98	**34,00**	**40**	1,55	0,0795	3,75	-1,00	30,00	**27,25**

Dimensionamento ramal ligação	Material tubagem:	PVC											$a_{(rugosidade\ tubagem)}$:	0,00054	
Troço	L	$Q_{,rede\ predial\ abast.\ Água}$	$Q_{,adução}$	$Q_{,total}$	$U_{,teórica}$	$\emptyset = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times U}}$	Material dos tubos	**Diâmetro**		$U_{,corrigida}$	$J_{,Flamant}$	$AH_{,C}$	AH,L + Z	**P Jus.**	**P Mont.**
								Int.	**DN**			(1,3.L.J)			
	(m)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m/s)	(mm)		(mm)	(mm)	(m/s)	(m/m)	(m.c.a)	(m.c.a)	(m.c.a)	(m.c.a)
Ramal ligação	1,00	0,25	1,41	1,66	2,00	32,52	PVC	**34,00**	**40**	1,83	0,1057	0,13	0,00	30,13	30,00

A.7. DIMENSIONAMENTO DA CBSI

A.6.1. FOLHA DE DIMENSIONAMENTO DA CBSI PARA SAEI POR SPRINKLERS

Folha de cálculo para determinação da altura de aspiração, da potência das bombas principais e NPSH, para os vários cenários possíveis de fornecimento de água, designadamente, para a rede dos carretéis (apenas), para as redes dos carretéis e das cortinas de água (em simultâneo) ou, para a rede dos carretéis e a rede dos sprinklers com cortinas de água integradas (todas as redes em simultâneo), sendo que o cenário 6 é o mais desfavorável:

Dimensionamento - Condutas de aspiração	Material tubagem:		AG			Coeficiente de rugosidade tubagem: C				120	**U, máx**	1,50	(m/s)
Situação de abastecimento	**$Q_{, nom}$**	**$Q_{, SOB}$** $1,4.Q_{, no}$	**Di calc** $4,6 \times \sqrt{\frac{Q}{v}}$	**Ø comercial**		**U, efetiva**	**$L_{,cálculo, CA}$**			**J, Hazen-Williams**	**$AH_{,CA}$** $J.L_{calc}$	**$Z_{,CA}$**	**H a** $Z + \Delta H$
				Int.	**DN**		$L_{,real}$	$L_{,eq.}$	$L_{,calc}$				
	(l/min)	(l/min)	(mm)	(mm)	(mm)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m.c.a)	(m.c.a)	(m.c.a)
CENÁRIO 0: RIA (1ª intervenção)	204,00	285,60	63,47	**80,90**	**80**	0,93	3,50	48,02	51,52	0,0084	0,43	3,00	3,43
CENÁRIO 1: Sprinklers (área mais desfavorável - Arquivo 54,10 m2 - 3º andar)	335,90	470,26	81,45	**129,70**	**125**	0,59	3,50	48,02	51,52	0,0021	0,11	3,00	3,11
CENÁRIO 2: Sprinklers (área mais desfavorável - Arquivo 60,90 m2 - 3º andar)	392,42	549,38	88,03	**129,70**	**125**	0,69	3,50	48,02	51,52	0,0028	0,15	3,00	3,15
CENÁRIO 3: Sprinklers + Cortina de água (Arquivo 54,10 m2 - 2º andar)	557,36	780,30	104,92	**129,70**	**125**	0,98	3,50	48,02	51,52	0,0054	0,28	3,00	3,28
CENÁRIO 4: Sprinklers (área mais favorável - Arquivo 54,10 m2 - R/C)	235,47	329,66	68,19	**129,70**	**125**	0,42	3,50	48,02	51,52	0,0011	0,06	3,00	3,06
CENÁRIO 5: Sprinklers (diâmetros - Arquivo 39,40 m2 - R/C)	405,64	567,90	89,51	**129,70**	**125**	0,72	3,50	48,02	51,52	0,0030	0,16	3,00	3,16
CENÁRIO 6: RIA + Sprinklers + Cortina de água ("CENÁRIO 0 + CENÁRIO 3")	761,36	1065,90	122,62	**129,70**	**125**	1,34	3,50	48,02	51,52	0,0097	0,50	3,00	3,50
CENÁRIO 7: RIA + Cortina de água (sem rede sprinklers)	450,23	630,32	94,30	**105,30**	**100**	1,21	3,50	48,02	51,52	0,0101	0,52	3,00	3,52

Dimensionamento CBSI - EN 12845	**Altura**		**Ponto de funcionamento nominal**				**Ponto de funcionamento em sobrecarga**			
Situação de abastecimento	**Hc**	**Ha**	**$H_{, nom}$** $H_a + H_c$	**$Q_{, nom}$**	**$\eta_{, nom}$**	**Potência** $\frac{\gamma \times Qn \times H_m}{1000 \times \eta_B}$	**$H_{, sob}$** $0,7.H_{, nom}$	**$Q_{, sob}$** $1,4.Q_{, nom}$	**$\eta_{, sob}$**	**Potência** $\frac{\gamma \times 1,4Q_n \times 0,7H_m}{1000 \times \eta_B}$
	(m.c.a)	(m.c.a.)	(m.c.a.)	(l/s)		(KW)	(m.c.a.)	(l/s)		(KW)
CENÁRIO 0: RIA (1ª intervenção)	38,26	3,43	**41,69**	**3,40**	70,0%	**1,99**	**29,18**	**4,76**	70,0%	**1,95**
CENÁRIO 1: Sprinklers (área mais desfavorável - Arquivo 54,10 m2 - 3º andar)	17,82	3,11	**20,93**	**5,60**	70,0%	**1,64**	**14,65**	**7,84**	70,0%	**1,61**
CENÁRIO 2: Sprinklers (área mais desfavorável - Arquivo 60,90 m2 - 3º andar)	17,75	3,15	**20,90**	**6,54**	70,0%	**1,92**	**14,63**	**9,16**	70,0%	**1,88**
CENÁRIO 3: Sprinklers + Cortina de água (Arquivo 54,10 m2 - 2º andar)	18,02	3,28	**21,30**	**9,29**	70,0%	**2,77**	**14,91**	**13,01**	70,0%	**2,72**
CENÁRIO 4: Sprinklers (área mais favorável - Arquivo 39,40 m2 - R/C)	5,82	3,06	**8,88**	**3,92**	70,0%	**0,49**	**6,21**	**5,49**	70,0%	**0,48**
CENÁRIO 5: Sprinklers (diâmetros - Arquivo 54,10 m2 - R/C)	7,69	3,16	**10,85**	**6,76**	70,0%	**1,03**	**7,59**	**9,47**	70,0%	**1,01**
CENÁRIO 6: RIA + Sprinklers + Cortina de água ("CENÁRIO 0 + CENÁRIO 3")	38,26	3,50	**41,76**	**12,69**	70,0%	**7,43**	**29,23**	**17,77**	70,0%	**7,28**
CENÁRIO 7: RIA + Cortina de água (sem rede sprinklers)	38,26	3,52	**41,78**	**7,50**	70,0%	**4,39**	**29,24**	**10,51**	70,0%	**4,31**

Verificação da altura máxima da conduta de aspiração - NPSH	**NPSH**	**$Pv/\rho_{água}$**	**$AH_{, CA}$**	**F.S.**	**$h_{, CA, efetiva}$**	**$h_{, CA, máx}$** $P_{atm}/\rho_{água}$ - (NPSH+ $AH_{,CA}$ + $Pv/\rho_{água}$)	**$h_{, CA, efetiva} \leq h_{, CA, máx}$**
Situação de abastecimento	Capacidade de aspiração das bombas	Altura equivalente da tensão de vapor	Perdas na conduta de aspiração	Factor de segurança	Altura efetiva da conduta de aspiração		
	(m)	(m)	(m.c.a)	(m)	(m)	(m)	
CENÁRIO 0: RIA (1ª intervenção)	0,80	0,43	0,43	1,00	3,00	7,66	**Ok**
CENÁRIO 6: RIA + Sprinklers + Cortina de água (mais desfavorável)	1,94	0,43	0,50	1,00	3,00	6,46	**Ok**
CENÁRIO 7: RIA + Cortina de água (sem rede sprinklers)	1,88	0,43	0,52	1,00	3,00	6,50	**Ok**

A.6.2. CURVA DE FUNCIONAMENTO CBSI (CARRETÉIS)

Curvas de funcionamento das bombas principais, de uma CBSI proposta pelo fabricante EFAFLU, para fornecimento de água apenas à rede de carretéis:

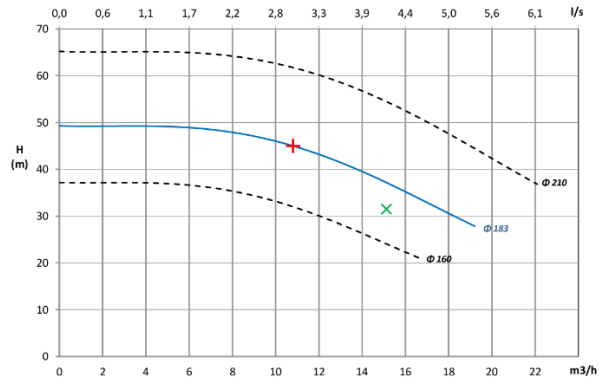
EFAFLU
Bombas e Ventiladores

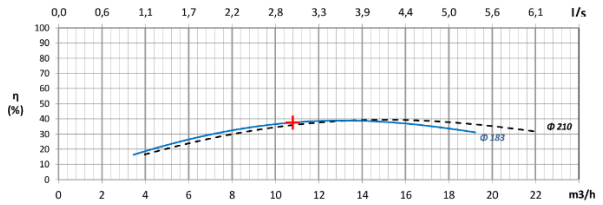
Bomba centrífuga

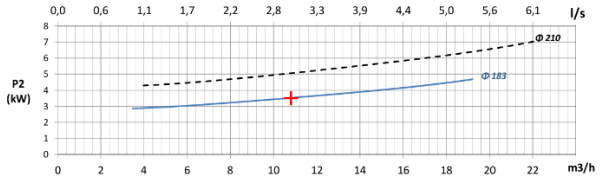
NNJ 32-200

proposta nº -
data: 01-07-2015
elaborado por: Text

DADOS HIDRAULICOS







\+ Ponto pedido X Ponto de sobrecarga requerido

Requisitos de selecção		
caudal	**10,8**	m³/h
altura manométrica	**45,0**	m
liquido	**àgua**	
viscos. dinamica	**-**	cSt
temperatura liquido	**-**	°C
densidade	**0,998**	kg/dm³
temperatura ambiente	**<40**	°C
altitude	**<100**	m
Dados da bomba		
caudal	**10,8**	m³/h
altura manométrica	**45,0**	m
rendimento hidraulico	**37,5**	%
potencia absorvida	**3,52**	kW
potencia abs. maxima	**4,68**	kW
diametro impulsor	**183**	mm
velocidade rotação	**2900**	rpm
NPSHr	**0,8**	m
Norma	**EN 733**	
Dados do motor		
potencia	**5,50**	kW
velocidade rotação	**3000**	rpm
rendimento	**-**	%
tensão	**400**	V
nº fases	**3**	
frequencia	**50**	Hz
forma	**-**	
protecção mecanica	**IP55**	
classe isolamento	**F**	
Materiais		
corpo	**EN-GJL-250**	
impulsor	**G-CuSn10**	
veio	**X20 Cr13**	
camisa de veio	**AISI 431**	
empanque	**empanque mecânico**	
rolamentos	**rolamentos de esferas**	
lubrificação	**rolamentos lubrif. para a vida**	
acoplamento	**fléxivel**	
espaçador	**-**	
estrado	**construção soldada**	



Foto pode variar em relação ao produto real

Limites de operação

Pressão máx.: 10 bar e 16 bar para a extensão à norma

Temperatura min. da água: -10°C

Temperatura máx. da água: 120°C

Sentido de rotação cw, conforme o sentido dos ponteiros do relógio (visto do lado do acoplamento).

OBSERVAÇÕES

1. Curvas de performance obtidas em laboratório seg. ISO 9906 Gr.2
2. Adicionar 0,5m ao valor de NPSHr indicado como margem de segurança

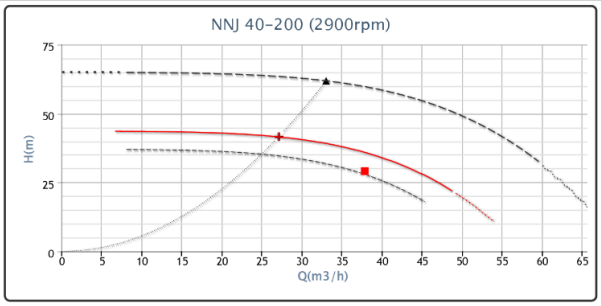
A.6.3. CURVA DE FUNCIONAMENTO CBSI (CARRETÉIS + CORTINAS DE ÁGUA)

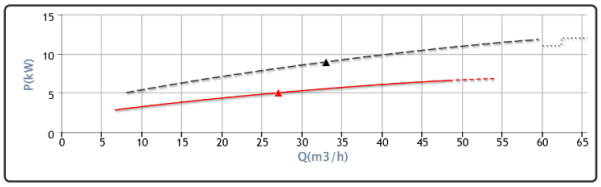
Curvas de funcionamento das bombas principais, de uma CBSI proposta pelo fabricante EFAFLU, para fornecimento de água, em simultâneo, à rede de carretéis e à rede de cortinas de água:

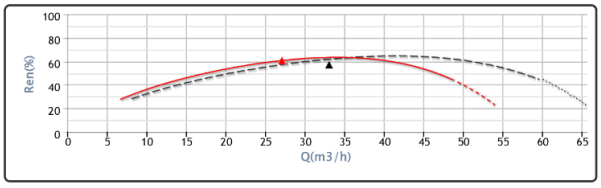
EFAFLU Sombas e Ventiladores

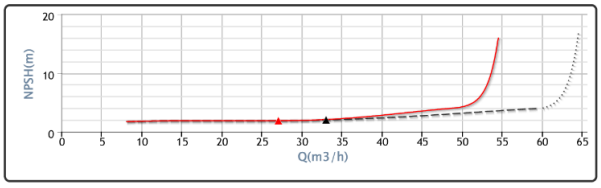
EFAFLU - PUMP SELECTION ONLINE

NNJ 40-200 - *27(m^3/h), 41.5(m)*		Motor		Fluido	
Ponto de Trabalho	*Q: 27.00 m^3/h, H: 41.50 m*	Potência	*7.5 kW*	Fluido	*Água*
Caudal máximo	*48.7 m^3/h*	Velocidade	*3000 rpm*	Temp. ambiente máximo	*40°C*
Potência	*5.02 kW*	Frequência	*50 Hz*	Densidade do Fluido	*998.2 kg/m^3*
Potência máxima	*6.61 kW*	Tensão	*400 V*	Viscosidade	*1 mm^2.s*
Rendimento	*60.73 %*	Classe Eficiência	*IE2*		
NPSH	*1.88 m*	Nr. Polos	*2*		
DN Impulsor	*173 mm*				









Materiais

corpo	**EN-GJL-250**
impulsor	**EN-GJL-250**
veio	**X20 Cr13**
camisa de veio	**AISI 431**
empanque	**empanque mecânico**
rolamentos	**rolamentos de esferas**
lubrificação	**rolamentos lubrif. para a vida**
acoplamento	**fléxivel**
espaçador	-
estrado	**construção soldada**



Foto pode variar em relação ao produto real

Documento emitido em: 2017-01-20

EFAFLU Bombas e Ventiladores ,SA
Sede/Fábrica - Rua S. Brás, 269 - Apartado 23 - 4494-909 Póvoa de Varzim Telf.: +351 252 298 700 Fax: +351 252 615 480 - geral@efaflu.pt
Delegação Sul - Edifício Cacém Park - Arm. 32, Est. Paço d´Arcos, 88-A, 2735-238 Agualva Cacém Telf.: +351 214 134 700 Fax: +351 214 134 709 - vendassul@efaflu.pt

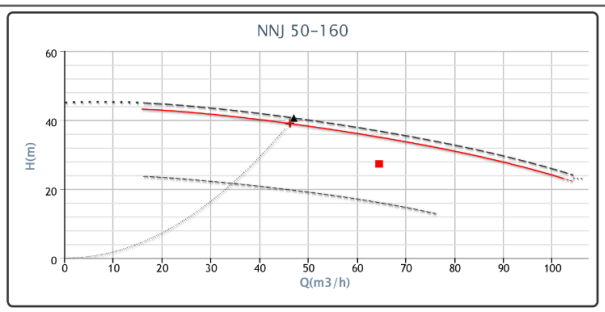
A.6.4. CURVA DE FUNCIONAMENTO CBSI (CARRETÉIS + CORTINAS DE ÁGUA + SPRINKLERS)

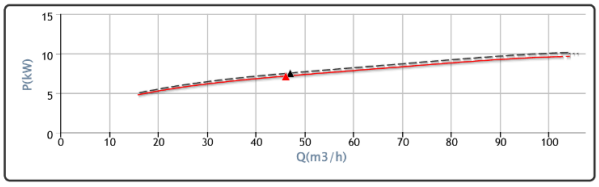
Curvas de funcionamento das bombas principais, de uma CBSI proposta pelo fabricante EFAFLU, para fornecimento de água, em simultâneo, à rede de carretéis e à rede de sprinklers com cortinas de água integradas:

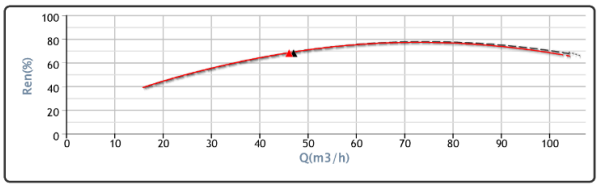
EFAFLU Bombas e Ventiladores

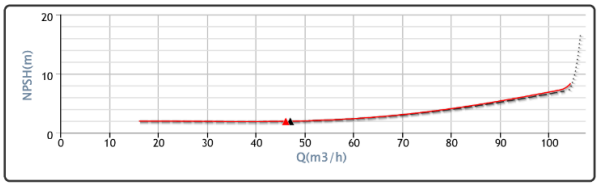
EFAFLU - PUMP SELECTION ONLINE

NNJ 50-160 - *46(m³/h), 39(m)*		Motor		Fluido	
Ponto de Trabalho	*Q: 46.00 m³/h, H: 39.00 m*	Potência	*11 kW*	Fluido	*Água*
Caudal máximo	*101.9 m³/h*	Velocidade	*3000 rpm*	Temp. ambiente máx.	*40°C*
Potência	*7.10 kW*	Frequência	*50 Hz*	Densidade do Fluido	*998.2 kg/m³*
Potência máxima	*9.59 kW*	Tensao	*400 V*	Viscosidade	*1 mm².s*
Rendimento	*68.04 %*	Classe Eficiência	*IE2*		
NPSH	*1.94 m*	Nr. Polos	*2*		
DN Impulsor	*167 mm*				









Materiais	
corpo	**EN-GJL-250**
impulsor	**EN-GJL-250**
veio	**X20 Cr13**
camisa de veio	**AISI 431**
empanque	**empanque mecânico**
rolamentos	**rolamentos de esferas**
lubrificação	**rolamentos lubrif. para a vida**
acoplamento	**fléxivel**
espaçador	**-**
estrado	**construção soldada**



Foto pode variar em relação ao produto real

Documento emitido em: 2017-01-10

EFAFLU Bombas e Ventiladores ,SA
Sede/Fábrica - Rua S. Brás, 269 - Apartado 23 - 4494-909 Póvoa de Varzim Telf.: +351 252 298 700 Fax: +351 252 615 480 - geral@efaflu.pt
Delegação Sul - Edifício Cacém Park - Arm. 32, Est. Paço d'Arcos, 88-A, 2735-238 Agualva Cacém Telf.: +351 214 134 700 Fax: +351 214 134 709 - vendassul@efaflu.pt

A.6.1. FOLHA DE DIMENSIONAMENTO DA CBSI PARA SAEI POR WATERMIST

Folha de cálculo para determinação da altura de aspiração, da altura manométrica e caudal a elevar pelas bombas principais do SAEI por água nebulizada a alta pressão, para os vários cenários possíveis de fornecimento de água, designadamente, para as diferentes áreas de operação consideradas, para a rede dos carretéis (apenas), ou para os carretéis e o sistema automático a funcionarem em simultâneo, sendo que o cenário 6 é o mais desfavorável:

Dimensionamento conduta aspiração	Material tubagem:	AÇO INOX		Coeficiente de rugosidade tubagem C				150	**$U_{máx}$**	1,50	(m/s)
Situação de abastecimento	**Q_{nom}** (l/min)	**Q_{SOB}** $1,4.Q_{nom}$ (l/min)	**Di calc** $4,6\times\sqrt{\frac{Q}{U}}$ (mm)	**Ø comercial** Int. (mm)	**Ø comercial** DN (mm)	**$U_{efetiva}$** (m/s)	**$L_{cálculo,\ CA}$** L_{real} (m)	$L_{eq.}$ (m)	L_{calc} (m)	**J, Hazen-Williams** (m/m)	**AH_{CA}** $J.L_{calc}$ (m.c.a)	**Z_{CA}** (m.c.a)	**H a** $Z + AH$ (bar)
CENÁRIO 1: SAEI - Watermist (Arquivo 54,10 m2 - 3º andar)	99,50	139,29	44,33	**75,00**	**80**	0,53	3,50	48,02	51,52	0,0021	0,11	3,00	0,31
CENÁRIO 2: SAEI - Watermist (Arquivo 60,90 m2 - 3º andar)	83,28	116,59	40,55	**75,00**	**80**	0,44	3,50	48,02	51,52	0,0015	0,08	3,00	0,31
CENÁRIO 3: SAEI - Watermist (Arquivo 55,70 m2 - R/C)	103,21	144,49	45,15	**75,00**	**80**	0,55	3,50	48,02	51,52	0,0023	0,12	3,00	0,31
CENÁRIO 4: SAEI - Watermist (Arquivo 54,10 m2 - R/C)	54,09	75,73	32,69	**75,00**	**80**	0,29	3,50	48,02	51,52	0,0007	0,04	3,00	0,30
CENÁRIO 5: RIA - Watermist	66,19	92,66	36,15	**75,00**	**80**	0,35	3,50	48,02	51,52	0,0010	0,05	3,00	0,31
CENÁRIO 6: RIA + SAEI por Watermist ("CENÁRIO 1 + CENÁRIO 5")	169,40	237,16	57,84	**75,00**	**80**	0,89	3,50	48,02	51,52	0,0057	0,29	3,00	0,33

Dimensionamento CBSI	**Altura manométrica**		**Ponto de funcionamento**	
Situação de abastecimento	**Hc** (bar)	**Ha** (bar)	**H_{nom}** H_a+H_c (bar)	**Q_{SOB}** $1,4.Q_{nom}$ (l/min)
CENÁRIO 1: SAEI - Watermist (Arquivo 54,10 m2 - 3º andar)	122,22	0,31	**122,53**	**139,29**
CENÁRIO 2: SAEI - Watermist (Arquivo 60,90 m2 - 3º andar)	115,36	0,31	**115,67**	**116,59**
CENÁRIO 3: SAEI - Watermist (Arquivo 55,70 m2 - R/C)	114,56	0,31	**114,87**	**144,49**
CENÁRIO 4: SAEI - Watermist (Arquivo 54,10 m2 - R/C)	108,33	0,30	**108,64**	**75,73**
CENÁRIO 5: RIA - Watermist	113,88	0,31	**114,18**	**92,66**
CENÁRIO 6: RIA + SAEI por Watermist ("CENÁRIO 1 + CENÁRIO 5")	122,22	0,31	**122,53**	**237,16**

ANEXO B

ESTIMATIVAS ORÇAMENTAIS

B.1. ESTIMATIVA ORÇAMENTAL DOS ENVIDRAÇADOS RESISTENTES AO FOGO

B.1.1. ENVIDRAÇADOS EI 90

TECOPE IBÉRICA®
***S*istemas *R*esistentes ao *F*ogo**
Estudos, Projectos e Produção
Vidros * Perfis * Portas

Página 2 de 4

ORÇAMENTO 2015_077A (Civigest- Refª Arquivo Municipal Ovar)

Pos.	Descrição	Area/Un	Preço Un.	Qtd.	Valor
	Fornecimento e montagem de ***S*istema *R*esistente ao *F*ogo *SRF EI 90,*** série ***ORION***. Perfil com núcleo em aço e capas em alumínio lacado cor carta RALou anodizadas cor natural. Incluindo vidro **Corta-Fogo EI 90**`, 37mm de espessura, laminado com gel intumescente no interior.				
1)	Fornecimento e montagem de envidraçados fixos. Dimensões: 7,28x2,60m (com 7 vidros) + 2,80x2,60m (com 2 vidros).		28.383,10 €	2	56.766,20 €
				TOTAL ...	**56.766,20 €**

Aos valores apresentados deverão acresce o valor do IVA à taxa em vigor.

Propomos as seguintes condições:

. Confirming ou Espress Bill, com data vencimento acordar

Prazo fornecimento é de 8/10 semanas, após aprovação dos desenhos e recebimento adjudicação.

Os prazos de fornecimento são considerados com base nas datas dos recebimentos efectuados conforme as condições de pagamento.

Esta proposta é válida por 30 dias.

26-05-15

TECOPE - Companhia Europeia do Metal e do Vidro, Lda.
Portugal: Av. Álvares Cabral, 23 - P1 1250-015 LISBOA Tel.: (+351) 21 383 12 96
España: Paseo de la Castellana, 164 - 1ª e/p 28046 MADRID Tel: (0034) 609 03 47 06
e-mail: tecope@tecopeiberica.com **web:** www.tecopeiberica.com

B.1.2. ENVIDRAÇADOS EI 30

TECOPE - Companhia do Metal e do Vidro, Lda.
Av. Álvares Cabral, Nº 23, Porta 1
1250-015 Lisboa
NIF: 502393149
Telefone: +351 213 831 296
Emaiil: projectos@tecopeiberica.com
Webside: www.tecopeiberica.com

TECOPE®
*S*istemas *R*esistentes ao *F*ogo
Estudos, Projectos e Produção
Vidros ◦ Perfis ◦ Portas

Cliente: Eng. Paulo Barros **Local Entrega:** Ovar

Nº Orçamento: 2017_019A
Nome projecto: Ovar
Data: 20-01-2017
Refª do Cliente:

PRODUTO	DESCRIÇÃO	LARGURA (mm)	ALTURA (mm)	m2 POR PEÇA	QUANTIDADE	TOTAL m2	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
Fornecimento e aplicação de *S*istema *R*esistente ao *F*ogo Corta-Fogo ***EI 30***, série **ORION**, acabamento com capas em alumínio lacado cor RAL a definir. Vidro **PYROSTOP EI 30**, espessura 18mm, da marca **PILKINGTON**, laminado com gel intumescente.								
a)	Envidraçado fixo com 7 vidros	7280	2600		2		15.228,00 €	30.456,00 €
b)	Envidraçado fixo com 3 vidros	2800	2600		2		6.378,00 €	12.756,00 €
	** Se os vãos estiverem muito expostos ao sol deverão ponderar aplicação de vidro duplo. O vidro considerado está preparado para uma temperatura máxima de 40 graus C.							

Excluído: Andaimes, meios de elevação, forras.

Prazo Entrega: 6/7 semanas, após aprovação desenhos e recebimento valor da adjudicação.

Condições Pagamento: Confirming com de vencimento da fatura acordar ou outras acordar com a nossa Gerência.

Registo ANPC 846

PME 2015



TECOPE *SRF*

SUB-TOTAL	43.212,00 €
IVA	9.938,76 €
TOTAL C/ IVA	53.150,76 €

B.1.3. ENVIDRAÇADOS EW 30

TECOPE - Companhia do Metal e do Vidro, Lda.
Av. Álvares Cabral, Nº 23, Porta 1
1250-015 Lisboa
NIF: 502393149
Telefone: +351 213 831 296
Emaiil: projectos@tecopeiberica.com
Webside: www.tecopeiberica.com

TECOPE®
*S*istemas *R*esistentes ao *F*ogo
Estudos, Projectos e Produção
Vidros . Perfis . Portas

Cliente: Eng. Paulo Barros **Local Entrega:** Ovar

Nº Orçamento: 2017_019
Nome projecto: Ovar
Data: 19-01-2017
Refª do Cliente:

PRODUTO	DESCRIÇÃO	LARGURA (mm)	ALTURA (mm)	m2 POR PEÇA	QUANTIDADE	TOTAL m2	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
Fornecimento e aplicação de *S*istema *R*esistente ao *F*ogo Corta-Fogo ***EW 30***, série **ORION**, acabamento com capas em alumínio lacado cor RAL a definir. Vidro **PYRODUR EW 30**, espessura 11mm, da marca **PILKINGTON**, laminado com gel intumescente.								
a)	Envidraçado fixo com 7 vidros	7280	2600		2		12.800,00 €	25.600,00 €
b)	Envidraçado fixo com 3 vidros	2800	2600		2		5.450,00 €	10.900,00 €
	** Se os vãos estiverem muito expostos ao sol deverão ponderar aplicação de vidro duplo. O vidro considerado está preparado para uma temperatura máxima de 40 graus C.							

Excluído: Andaimes, meios de elevação, forras.

Prazo Entrega: 6/7 semanas, após aprovação desenhos e recebimento valor da adjudicação.

Condições Pagamento: Confirming com de vencimento da fatura acordar ou outras acordar com a nossa Gerência.

Registo ANPC 846

PME 2015



TECOPE *SRF*

SUB-TOTAL	36.500,00 €
IVA	8.395,00 €
TOTAL C/ IVA	44.895,00 €

B.2. ESTIMATIVAS ORÇAMENTAIS DOS MEIOS DE EXTINÇÃO A ÁGUA

B.2.1. REDE DE CARRETÉIS (RIA)

ORÇAMENTO ESTIMATIVO - REDE DE CARRETÉIS - RIA
PROJECTO: Arquivo Municipal de Ovar
DONO DE OBRA: Câmara Municipal de Ovar
LOCAL: Ovar
DATA: 19 de Janeiro de 2017

Art.	Designação	Un.	Quant.	Preço Un.	Preço Total
1	**Construção da rede manual de 1.ª intervenção - RIA**				
1.1	Fornecimento e aplicação de tubagem de aço galvanizado, da série média, de acordo com EN 10255, com pintura de esmalte à cor RAL 3000, incluindo todos os acessórios de ligação, ranhurados ou roscados, bem como, todos os trabalhos de fixação e assentamento, em roço, vala ou à vista, com os seguintes diametros:				
1.1.1	DN 25 mm	ml	39,30	9,14 €	359,01 €
1.1.2	DN 32 mm	ml	3,00	11,63 €	34,88 €
1.1.3	DN 50 mm	ml	44,40	18,62 €	826,51 €
1.2	Fornecimento e colocação de bocas de incêndio armadas tipo "carretel", com mangueira semi-rígida de 25m de comprimento, incluindo agulheta, armário metálico, manómetro e todos os elementos necessários para o seu bom funcionamento.	un	4,00	380,00 €	1 520,00 €
1.4	Fornecimento e colocação de válvula anti-retorno, DN 50, com obturação por disco, imediatamente a jusante do colector da CBSI.	un	1,00	93,52 €	93,52 €
1.10	Ensaios e testes à rede de carretéis	vg			160,00 €
				Total	2 993,91 €
				Área útil dos locais de risco a proteger (todo o edifício) (m^2)	679,30
				Preço da rede de 1.ª intervenção/ área útil (€ /m^2)	4,41 €

B.2.2. REDE DE CORTINAS DE ÁGUA

ORÇAMENTO ESTIMATIVO - REDE DE CORTINAS DE ÁGUA
PROJECTO: Arquivo Municipal de Ovar
DONO DE OBRA: Câmara Municipal de Ovar
LOCAL: Ovar
DATA: 19 de Janeiro de 2017

Art.	Designação	Un.	Quant.	Preço Un.	Preço Total
1	**Construção da rede automática de cortinas de água**				
1.1	Fornecimento e aplicação de tubagem de aço galvanizado, da série média, de acordo com EN 10255, com pintura de esmalte à cor RAL 3000, incluindo todos os acessórios de ligação, ranhurados ou roscados, bem como, todos os trabalhos de fixação e assentamento, em roço, vala ou à vista, com os seguintes diametros:				
1.1.1	DN 25 mm	ml	3,00	9,14 €	27,41 €
1.1.2	DN 40 mm	ml	14,80	13,49 €	199,58 €
1.1.3	DN 50 mm	ml	81,35	18,62 €	1 514,33 €
1.3	Fornecimento e colocação de aspersores abertos, tipo dilúvio, para cortina de água, com coeficiente de descarga K 80.	un	8,00	61,82 €	494,52 €
1.4	Fornecimento e montagem de posto de controlo, DN 50, incluíndo válvula de retenção, gongo de alarme, sistema de drenagem e todos os elementos necessários ao seu bom funcionamento.	un	1,00	2 625,54 €	2 625,54 €
1.5	Fornecimento e colocação de válvula de dilúvio, DN 40, normalmente fechada, para enchimento de tubagem seca, de alimentação às cortinas de água, incluíndo eletro-válvula solenóide e ligação ao sistema automático de detecção de incêndio.	un	2,00	391,40 €	782,80 €
1.6	Fornecimento e colocação de válvula de ensaio e descarga, DN 25, tipo macho-esférico, incluíndo manómetro.	un	1,00	130,00 €	130,00 €
1.7	Fornecimento e colocação de válvula de retenção, DN 50, com obturação por disco, no troço de alimentação alternativa dos bombeiros.	un	1,00	93,52 €	93,52 €
1.8	Fornecimento e montagem de boca de alimentação siamesa, para uso exclusivo dos bombeiros, com junções de aperto rápido tipo "STORZ" DN 75, válvulas macho-esférico e munidas de bujão com corrente.	un	1,00	270,00 €	270,00 €
1.9	Ensaios e testes à rede de cortinas de água	vg			320,00 €
				Total	6 457,69 €
				Área dos envidraçados a proteger (m^2)	48,00
				Preço da rede de cortinas de água/ área de envidraçado (€ /m^2)	134,54 €

B.2.3. REDE DE SPRINKLERS COM CORTINAS DE ÁGUA

ORÇAMENTO ESTIMATIVO - REDE SPRINKLERS (com cortinas de água integradas)
PROJECTO: Arquivo Municipal de Ovar
DONO DE OBRA: Câmara Municipal de Ovar
LOCAL: Ovar
DATA: 19 de Janeiro de 2017

Art.	Designação	Un.	Quant.	Preço Un.	Preço Total
1	**Construção da rede de Sprinklers (com cortinas de água integradas)**				
1.1	Fornecimento e aplicação de tubagem de aço galvanizado, da série média, de acordo com EN 10255, com pintura de esmalte à cor RAL 3000, incluindo todos os acessórios de ligação, ranhurados ou roscados, bem como, todos os trabalhos de fixação e assentamento, em roço, vala ou à vista, com os seguintes diametros:				
1.1.1	DN 25 mm	ml	204,44	9,14 €	1 867,56 €
1.1.2	DN 40 mm	ml	22,20	13,49 €	299,37 €
1.1.3	DN 50 mm	ml	114,24	18,62 €	2 126,58 €
1.1.4	DN 80 mm	ml	78,00	30,95 €	2 413,71 €
1.2	Fornecimento e colocação de aspersores automáticos de tecto, de montagem vertical, com coeficiente de descarga K 80 e temperatura de actuação de 68 ºC.	un	85,00	9,28 €	788,80 €
1.3	Fornecimento e colocação de aspersores abertos, tipo dilúvio, para cortina de água, com coeficiente de descarga K 80.	un	8,00	61,82 €	494,52 €
1.4	Fornecimento e montagem de posto de controlo, DN 80, incluíndo válvula de retenção, gongo de alarme, sistema de drenagem e todos os elementos necessários ao seu bom funcionamento.	un	1,00	3 181,95 €	3 181,95 €
1.5	Fornecimento e colocação de válvula de dilúvio, DN 40, normalmente fechada, para enchimento de tubagem seca, de alimentação às cortinas de água, incluíndo eletro-válvula solenóide e ligação ao sistema automático de detecção de incêndio.	un	2,00	391,40 €	782,80 €
1.6	Fornecimento e colocação de válvula de ensaio e descarga, DN 25, tipo macho-esférico, incluíndo manómetro.	un	1,00	130,00 €	130,00 €
1.7	Fornecimento e colocação de válvula de retenção, DN 80, com obturação por disco, no troço de alimentação alternativa dos bombeiros.	un	1,00	152,10 €	152,10 €
1.8	Fornecimento e montagem de boca de alimentação siamesa, para uso exclusivo dos bombeiros, com junções de aperto rápido tipo "STORZ" DN 75, válvulas macho-esférico e munidas de bujão com corrente.	un	1,00	270,00 €	270,00 €
1.9	Ensaios e testes à rede de sprinklers	vg			320,00 €
				Total	**12 827,38 €**
				Área útil dos locais de risco a proteger (arquivos) (m^2)	449,10
				Preço da rede sprinklers/ área útil de arquivo (€ /m^2)	28,56 €

B.2.4. RASI (CARRETÉIS 60MIN)

ORÇAMENTO ESTIMATIVO - RASI (Carretéis 60min.)
PROJECTO: Arquivo Municipal de Ovar
DONO DE OBRA: Câmara Municipal de Ovar
LOCAL: Ovar
DATA: 19 de Janeiro de 2017

Art.	Designação	Un.	Quant.	Preço Un.	Preço Total
1	**Construção de reservatório de água para o serviço de incêndio (Carretéis 60min.)**				
1.1	**Movimento de Terras**				
1.1.1	Escavação em terreno de qualquer natureza, incluíndo reposição, compactação e depósito a vazadouro de terras sobrantes, para estabelecimento de cotas de projeto, incluindo todos os trabalhos necessários, para o volume do	m^3	40,28	10,00 €	402,84 €
1.2	**Estruturas de Betão Armado**				
1.2.1	Execução de estrutura de betão armado, hidrófugo, da classe de resistência B25 (C20/25) e aço A400NR, incluíndo cofragem, escoramentos e todos os trabalhos necessários, de acordo com pormenores de projecto e caderno de encargos,				
1.2.2	Aplicação de camada de betão de limpeza, B15 (C 12/15), na espessura mínima de 10 cm.	m^3	4,00	80,00 €	320,16 €
1.2.3	Laje de fundação do reservatório enterrado, na espessura de 25 cm.	m^3	3,36	250,00 €	839,25 €
1.2.4	Paredes resistentes do reservatório enterrado, na espessura de 20 cm.	m^3	10,24	200,00 €	2 047,20 €
1.2.5	Laje de teto do reservatório enterrado, na espessura de 15 cm.	m^3	2,01	300,00 €	604,26 €
1.3	**Revestimentos**				
1.3.1	Fornecimento e aplicação de reboco de revestimento cimentício nas paredes interiores do reservatório, com camada final de cerizite de impermeabilização.	m^2	56,52	15,00 €	847,80 €
1.3.2	Fornecimento e aplicação de sistema de impermeabilização exterior nas paredes enterradas, composto por aplicação de uma demão de pintura betuminosa, uma camada de telas asfálticas e manta geotêxtil.	m^2	57,41	20,00 €	1 148,16 €
1.4	**Diversos**				
1.4.1	Fornecimento e aplicação de equipamentos necessários ao funcionamento do reservatório, nomeadamente, escadas e portas de acesso, sistema de ventilação, rede mosquiteira, descarga de fundo, válvulas de enchimento e descarga e todos os equipamentos necessários ao seu bom funcionamento.	vg			750,00 €
				Total	**6 959,67 €**
				Volume útil do RASI (m^3)	12,24
				Custo do RASI (€/ m^3)	568,60 €

B.2.5. RASI (CARRETÉIS 60MIN + CORTINAS ÁGUA 60MIN)

ORÇAMENTO ESTIMATIVO - RASI (Carretéis 60min. + Cortina de água 60min.)
PROJECTO: Arquivo Municipal de Ovar
DONO DE OBRA: Câmara Municipal de Ovar
LOCAL: Ovar
DATA: 19 de Janeiro de 2017

Art.	Designação	Un.	Quant.	Preço Un.	Preço Total
1	**Construção de reservatório de água para o serviço de incêndio (Carretéis 60min. + Cortina de água**				
1.1	**Movimento de Terras**				
1.1.1	Escavação em terreno de qualquer natureza, incluíndo reposição, compactação e depósito a vazadouro de terras sobrantes, para estabelecimento de cotas de projeto, incluindo todos os trabalhos necessários, para o volume do	m^3	71,91	10,00 €	719,08 €
1.2	**Estruturas de Betão Armado**				
1.2.1	Execução de estrutura de betão armado, hidrófugo, da classe de resistência B25 (C20/25) e aço A400NR, incluíndo cofragem, escoramentos e todos os trabalhos necessários, de acordo com pormenores de projecto e caderno de encargos,				
1.2.2	Aplicação de camada de betão de limpeza, B15 (C 12/15), na espessura mínima de 10 cm.	m^3	4,06	80,00 €	324,68 €
1.2.3	Laje de fundação do reservatório enterrado, na espessura de 25 cm.	m^3	5,99	250,00 €	1 498,09 €
1.2.4	Paredes resistentes do reservatório enterrado, na espessura de 20 cm.	m^3	16,30	200,00 €	3 259,44 €
1.2.5	Laje de teto do reservatório enterrado, na espessura de 15 cm.	m^3	3,60	300,00 €	1 078,62 €
1.3	**Revestimentos**				
1.3.1	Fornecimento e aplicação de reboco de revestimento cimentício nas paredes interiores do reservatório, com camada final de cerizite de impermeabilização.	m^2	91,15	15,00 €	1 367,22 €
1.3.2	Fornecimento e aplicação de sistema de impermeabilização exterior nas paredes enterradas, composto por aplicação de uma demão de pintura betuminosa, uma camada de telas asfálticas e manta geotêxtil.	m^2	84,91	20,00 €	1 698,12 €
1.4	**Diversos**				
1.4.1	Fornecimento e aplicação de equipamentos necessários ao funcionamento do reservatório, nomeadamente, escadas e portas de acesso, sistema de ventilação, rede mosquiteira, descarga de fundo, válvulas de enchimento e descarga e todos os equipamentos necessários ao seu bom funcionamento.	vg			750,00 €
				Total	**10 695,25 €**
				Volume útil do RASI (m^3)	27,01
				Custo do RASI (€/ m^3)	395,97 €

B.2.6. RASI (CARRETÉIS 60MIN + CORTINAS ÁGUA 90MIN)

ORÇAMENTO ESTIMATIVO - RASI (Carretéis 60 min. + Cortina de água 90 min.)
PROJECTO: Arquivo Municipal de Ovar
DONO DE OBRA: Câmara Municipal de Ovar
LOCAL: Ovar
DATA: 19 de Janeiro de 2017

Art.	Designação	Un.	Quant.	Preço Un.	Preço Total
1	**Construção de reservatório de água para o serviço de incêndio (Carretéis 60 min. + Cortina de água 90**				
1.1	**Movimento de Terras**				
1.1.1	Escavação em terreno de qualquer natureza, incluíndo reposição, compactação e depósito a vazadouro de terras sobrantes, para estabelecimento de cotas de projeto, incluindo todos os trabalhos necessários, para o volume do	m^3	83,15	10,00 €	831,54 €
1.2	**Estruturas de Betão Armado**				
1.2.1	Execução de estrutura de betão armado, hidrófugo, da classe de resistência B25 (C20/25) e aço A400NR, incluíndo cofragem, escoramentos e todos os trabalhos necessários, de acordo com pormenores de projecto e caderno de encargos,				
1.2.2	Aplicação de camada de betão de limpeza, B15 (C 12/15), na espessura mínima de 10 cm.	m^3	4,06	80,00 €	324,74 €
1.2.3	Laje de fundação do reservatório enterrado, na espessura de 25 cm.	m^3	6,03	250,00 €	1 506,41 €
1.2.4	Paredes resistentes do reservatório enterrado, na espessura de 20 cm.	m^3	18,94	200,00 €	3 787,55 €
1.2.5	Laje de teto do reservatório enterrado, na espessura de 15 cm.	m^3	3,62	300,00 €	1 084,62 €
1.3	**Revestimentos**				
1.3.1	Fornecimento e aplicação de reboco de revestimento cimentício nas paredes interiores do reservatório, com camada final de cerizite de impermeabilização.	m^2	106,43	15,00 €	1 596,46 €
1.3.2	Fornecimento e aplicação de sistema de impermeabilização exterior nas paredes enterradas, composto por aplicação de uma demão de pintura betuminosa, uma camada de telas asfálticas e manta geotêxtil.	m^2	94,43	20,00 €	1 888,52 €
1.4	**Diversos**				
1.4.1	Fornecimento e aplicação de equipamentos necessários ao funcionamento do reservatório, nomeadamente, escadas e portas de acesso, sistema de ventilação, rede mosquiteira, descarga de fundo, válvulas de enchimento e descarga e todos os equipamentos necessários ao seu bom funcionamento.	vg			750,00 €
				Total	**11 769,84 €**
				Volume útil do RASI (m^3)	34,40
				Custo do RASI (€/ m^3)	342,15 €

B.2.7. RASI (CARRETÉIS 60MIN + CORTINAS ÁGUA 60MIN + SPRINKLERS 60 MIN)

ORÇAMENTO ESTIMATIVO - RASI (Carretéis 60min. + Cortina de água 60min. + Sprinklers 60min.)
PROJECTO: Arquivo Municipal de Ovar
DONO DE OBRA: Câmara Municipal de Ovar
LOCAL: Ovar
DATA: 19 de Janeiro de 2017

Art.	Designação	Un.	Quant.	Preço Un.	Preço Total
1	**Construção de reservatório de água para o serviço de incêndio (Carretéis 60min. + Cortina de água 60min. + Sprinklers 60min.)**				
1.1	**Movimento de Terras**				
1.1.1	Escavação em terreno de qualquer natureza, incluíndo reposição, compactação e depósito a vazadouro de terras sobrantes, para estabelecimento de cotas de projeto, incluindo todos os trabalhos necessários, para o volume do	m³	100,21	10,00 €	1 002,15 €
1.2	**Estruturas de Betão Armado**				
1.2.1	Execução de estrutura de betão armado, hidrófugo, da classe de resistência B25 (C20/25) e aço A400NR, incluíndo cofragem, escoramentos e todos os trabalhos necessários, de acordo com pormenores de projecto e caderno de encargos,				
1.2.2	Aplicação de camada de betão de limpeza, B15 (C 12/15), na espessura mínima de 10 cm.	m³	4,07	80,00 €	325,53 €
1.2.3	Laje de fundação do reservatório enterrado, na espessura de 25 cm.	m³	6,04	250,00 €	1 509,26 €
1.2.4	Paredes resistentes do reservatório enterrado, na espessura de 20 cm.	m³	22,95	200,00 €	4 590,98 €
1.2.5	Laje de teto do reservatório enterrado, na espessura de 15 cm.	m³	3,62	300,00 €	1 086,67 €
1.3	**Revestimentos**				
1.3.1	Fornecimento e aplicação de reboco de revestimento cimentício nas paredes interiores do reservatório, com camada final de cerizite de impermeabilização.	m²	129,61	15,00 €	1 944,08 €
1.3.2	Fornecimento e aplicação de sistema de impermeabilização exterior nas paredes enterradas, composto por aplicação de uma demão de pintura betuminosa, uma camada de telas asfálticas e manta geotêxtil.	m²	108,78	20,00 €	2 175,62 €
1.4	**Diversos**				
1.4.1	Fornecimento e aplicação de equipamentos necessários ao funcionamento do reservatório, nomeadamente, escadas e portas de acesso, sistema de ventilação, rede mosquiteira, descarga de fundo, válvulas de enchimento e descarga e todos os equipamentos necessários ao seu bom funcionamento.	vg			750,00 €
				Total	**13 384,28 €**
				Volume útil do RASI (m³)	45,70
				Custo do RASI (€/ m³)	292,87 €

B.2.8. RASI (CARRETÉIS 60MIN + CORTINAS ÁGUA 90MIN + SPRINKLERS 90 MIN)

ORÇAMENTO ESTIMATIVO - RASI (Carretéis 60min. + Cortina de água 90min. + Sprinklers 90min.)
PROJECTO: Arquivo Municipal de Ovar
DONO DE OBRA: Câmara Municipal de Ovar
LOCAL: Ovar
DATA: 19 de Janeiro de 2017

Art.	Designação	Un.	Quant.	Preço Un.	Preço Total
1	**Construção de reservatório de água para o serviço de incêndio (Carretéis 60min. + Cortina de água 90min. + Sprinklers 90min.)**				
1.1	**Movimento de Terras**				
1.1.1	Escavação em terreno de qualquer natureza, incluíndo reposição, compactação e depósito a vazadouro de terras sobrantes, para estabelecimento de cotas de projeto, incluindo todos os trabalhos necessários, para o volume do	m^3	126,84	10,00 €	1 268,43 €
1.2	**Estruturas de Betão Armado**				
1.2.1	Execução de estrutura de betão armado, hidrófugo, da classe de resistência B25 (C20/25) e aço A400NR, incluíndo cofragem, escoramentos e todos os trabalhos necessários, de acordo com pormenores de projecto e caderno de encargos,				
1.2.2	Aplicação de camada de betão de limpeza, B15 (C 12/15), na espessura mínima de 10 cm.	m^3	3,17	80,00 €	253,63 €
1.2.3	Laje de fundação do reservatório enterrado, na espessura de 25 cm.	m^3	7,93	250,00 €	1 981,51 €
1.2.4	Paredes resistentes do reservatório enterrado, na espessura de 20 cm.	m^3	27,28	200,00 €	5 455,54 €
1.2.5	Laje de teto do reservatório enterrado, na espessura de 15 cm.	m^3	4,76	300,00 €	1 426,69 €
1.3	**Revestimentos**				
1.3.1	Fornecimento e aplicação de reboco de revestimento cimentício nas paredes interiores do reservatório, com camada final de cerizite de impermeabilização.	m^2	153,25	15,00 €	2 298,81 €
1.3.2	Fornecimento e aplicação de sistema de impermeabilização exterior nas paredes enterradas, composto por aplicação de uma demão de pintura betuminosa, uma camada de telas asfálticas e manta geotêxtil.	m^2	124,80	20,00 €	2 496,07 €
1.4	**Diversos**				
1.4.1	Fornecimento e aplicação de equipamentos necessários ao funcionamento do reservatório, nomeadamente, escadas e portas de acesso, sistema de ventilação, rede mosquiteira, descarga de fundo, válvulas de enchimento e descarga e todos os equipamentos necessários ao seu bom funcionamento.	vg			750,00 €
				Total	**15 930,69 €**
				Volume útil do RASI (m^3)	62,50
				Custo do RASI (€/ m^3)	254,89 €

B.2.9. CBSI (CARRETÉIS)

EFAFLU
Bombas e Ventiladores

Nº Proposta 17RP14280R02 2/3

As centrais contra incêndios STOPFIRE são construídas de acordo com uma determinada norma ou regra técnica. As centrais, com excepção das NA e FM, são normalmente fornecidas com colector de compressão e instrumentação, controlo e acessórios hidráulicos necessários para o correcto funcionamento da central. São opcionais: colector de aspiração, protecção diferencial toroidal (alarme e sinalização), quadro repetidor de sinais, informação remota via GSM, entre outros. Estão disponíveis as seguintes versões: STOPFIRE EN - Construídas segundo a norma europeia EN 12845 STOPFIRE NE - Construídas segundo a regra técnica espanhola CEPREVEN R.T.2 - ABA STOPFIRE NA - Construídas segundo a norma americana NFPA20 STOPFIRE FM - Construídas segundo a norma americana NFPA20 com aprovação FM e/ou UL STOPFIRE NO - Construídas segundo outras normas internacionais que não as referidas anteriormente STOPFIRE ES - Centrais de execução especial cumprindo no entanto uma norma internacional

Pos.	V/ Ref.	Modelo	Quant.	P.Un. (€)	Subtotal (€)
1		**STOPFIRE EN EDJ 10/45 (Segº EN 12845)** | 3 l/s | 45 mca composta por: > 1 Eletrobomba Principal, DIN EN 733, NNJ 32-200, 5.5kW/2900rpm. > 1 Motobomba Reserva, DIN EN 733, NNJ 32-200, 5.5kW/2900rpm > 1 Bomba auxiliar eléctrica, multicelular, BMV 2-7, 0.75kW/IIp > 1 Q.E. comando e protecção (principal+auxiliar) > 1 Q.E. comando e protecção (reserva) > Acessórios hidraúlicos na compressão > Colector compressão em aço > 1 Reservatório combustivel > Base de assentamento em construção soldada > Certificado de conformidade *Na presente proposta está incluída a deslocação ao local onde irá ser instalada a Central de Combate a Incêndios com vista ao seu arranque inicial (em Portugal continental) e respetivos testes de funcionamento. O agendamento da deslocação só será efetuado pela EFAFLU após receção do documento de arranque que acompanha o equipamento devidamente preenchida e assinada pelo cliente. Caso se verifique mora no pagamento de faturas entre o cliente e a EFAFLU, a intervenção de arranque fica suspensa até que a situação fique regularizada, não sendo a EFAFLU responsável por qualquer prejuízo em que o seu cliente incorra devido a esta suspensão.*	1	16.737,70	16.737,70
1.1		SF3050031-COLETOR DE PROVAS COM CAUDALIMETRO DNA65xDND65 Q: 14-90 m3/h (PLANO: 3MH962445)	1	1.592,57	1.592,57
1.2		KIT DE ASPIRAÇÃO DN65xDN80 (ARRANJO A)	2	534,00	1.068,00

B.2.10. CBSI (CARRETÉIS + CORTINAS DE ÁGUA)

EFAFLU Bombas e Ventiladores

Nº Proposta 17RP14280R02 2/3

2	Alternativa	**STOPFIRE EN EDJ 30/40** | 7,5 l/s | 41,5 mca 1 x Grupo Eletrobomba NNJ 40-200 Qi/7,5kW a 2P 1 x Grupo Motobomba NNJ 40-200 Qi/6,7kW a 3000rpm 1 x Grupo Jockey BMV 3-10/0,75kW a 2P 1 x Q.E. Elétrico + Jockey 1 x Q.E. Diesel Coletor e Acessórios hidráulicos na compressão Certificados de Conformidade *Na presente proposta está incluída a deslocação ao local onde irá ser instalada a Central de Combate a Incêndios com vista ao seu arranque inicial (em Portugal continental) e respetivos testes de funcionamento. O agendamento da deslocação só será efetuado pela EFAFLU após receção do documento de arranque que acompanha o equipamento devidamente preenchida e assinada pelo cliente. Caso se verifique mora no pagamento de faturas entre o cliente e a EFAFLU, a intervenção de arranque fica suspensa até que a situação fique regularizada, não sendo a EFAFLU responsável por qualquer prejuízo em que o seu cliente incorra devido a esta suspensão.*	1	17.034,90	17.034,90
2.1		SF3050026-COLETOR DE PROVAS COM CAUDALIMETRO DNA65xDND65 Q:14-90 m3/h (PLANO: 3MH962445)	1	1.724,33	1.724,33
2.2		KIT DE ASPIRAÇÃO DN65xDN100 (ARRANJO A)	2	551,25	1.102,50

B.2.11. CBSI (CARRETÉIS + CORTINAS DE ÁGUA + SPRINKLERS)

EFAFLU Bombas e Ventiladores

Nº Proposta 17RP14280R02 3/3

3	CCI	**STOPFIRE EN EDJ 45/40** | 46 m3/h | 39 mca 1 x Grupo Eletrobomba NNJ 50-160 Qi/11kW a 2P 1 x Grupo Motobomba NNJ 50-160 Qi/11,5kW a 3000rpm 1 x Grupo Jockey BMV 3-9/0,75kW a 2P 1 x Q.E. Elétrico + Jockey 1 x Q.E. Diesel Coletor e Acessórios hidráulicos na compressão Certificados de Conformidade *Na presente proposta está incluída a deslocação ao local onde irá ser instalada a Central de Combate a Incêndios com vista ao seu arranque inicial (em Portugal continental) e respetivos testes de funcionamento. O agendamento da deslocação só será efetuado pela EFAFLU após receção do documento de arranque que acompanha o equipamento devidamente preenchida e assinada pelo cliente. Caso se verifique mora no pagamento de faturas entre o cliente e a EFAFLU, a intervenção de arranque fica suspensa até que a situação fique regularizada, não sendo a EFAFLU responsável por qualquer prejuízo em que o seu cliente incorra devido a esta suspensão.*	1	19.595,85	19.595,85
3.1		SF3050031-COLETOR DE PROVAS COM CAUDALIMETRO DNA65xDND65 Q: 14-90 m3/h (PLANO: 3MH962445)	1	1.706,33	1.706,33
3.2		KIT DE ASPIRAÇÃO DN65xDN125 (ARRANJO A + B)	2	697,50	1.395,00

B.3. ESTIMATIVAS ORÇAMENTAIS DOS MEIOS DE EXTINÇÃO A GÁS

B.3.1. SAEI – GÁS NOVEC 1230

Cliente:	**ARQUIVO MUNICIPAL DE OVAR**			VIANAS®	
Projecto:	SISTEMA DE EXTINÇÃO DE INCÊNDIO NOVEC			ENGENHARIA	
Local:	OVAR				
Data:	03/07/2015				
ITEM	Descrição	Qt	Unit.	P.Unit	Total
1	**Arquivo 1-R/C: A=38.9 m2 e h=2.6 m**				
2	**Arquivo 2-R/C: A=56,1 m2 e h=2.6 m**				
	CILINDRO DE 106 L C/ 114 KG NOVEC 1230	1	Un		
	DIRECIONAIS DE 2"	2	Un	13 382,03 €	13 382,03 €
	DIFUSORES ALUMINIO 360º 2"	2	Un		
3	**Arquivo 1-1º Andar: A=61.5 m2 e h=2.6 m**				
4	**Arquivo 2-1º Andar: A=56,8 m2 e h=2.6 m**				
	CILINDRO DE 106 L C/ 125 KG NOVEC 1230	1	Un		
	DIRECIONAIS DE 2"	2	Un	13 935,77 €	13 935,77 €
	DIFUSORES ALUMINIO 360º 2"	2	Un		
5	**Arquivo 1-2º Andar: A=61.5 m2 e h=2.6 m**				
6	**Arquivo 2-2º Andar: A=56,8 m2 e h=2.6 m**				
	CILINDRO DE 106 L C/ 125 KG NOVEC 1230	1	Un		
	DIRECIONAIS DE 2"	2	Un	13 935,77 €	13 935,77 €
	DIFUSORES ALUMINIO 360º 2"	2	Un		
7	**Arquivo 1-3º Andar: A=61.5 m2 e h=2.6 m**				
8	**Arquivo 2-3º Andar: A=56,8 m2 e h=2.6 m**				
	CILINDRO DE 106 L C/ 125 KG NOVEC 1230	1	Un		
	DIRECIONAIS DE 2"	2	Un	13 935,77 €	13 935,77 €
	DIFUSORES ALUMINIO 360º 2"	2	Un		
9	**Equipamento de Deteção e comando de extinção de Incêndio**				
TY4242EP	Central convencional 2 zonas TY408-2	8	Un	244,29 €	1 954,32 €
J400EXTP	Módulo de extinção série J400	8	Un	72,67 €	581,36 €
1180LPGP	Bateria 12V / 7 A/h	16	Un	28,96 €	463,36 €
ZT10PL2P	Detector optico de fumos s/base 601P	32	Un	16,11 €	515,52 €
ZT10BH4P	Base p/ detector 601P	32	Un	4,33 €	138,51 €
WI000007	Botoneira actuação extinção	8	Un	15,51 €	124,08 €
WI000008	Botoneira bloqueio extinção	8	Un	15,51 €	124,08 €
SINACTIV	Sinal. Fotolum. botoneira activação	8	Un	7,00 €	56,00 €
SINABLOQ	Sinal. Fotolum. botoneira bloqueio	8	Un	7,00 €	56,00 €
8600LPGP	Sirene p/ interior	8	Un	52,71 €	421,68 €
GRP25LPG	Letreiro óptico-acústico (c/ texto)	16	Un	70,16 €	1 122,56 €
10	**Instalação de sistemas NOVEC com tubagem serie média sem costura com acessórios roscados galvanizados**	8	Vg	1 285,71 €	10 285,68 €
11	**Instalação de Equipamento de deteção e comando de Extinção de Incêndio**	8	Vg	1 142,86 €	9 142,88 €
12	**Testes finais de acordo com as instruções do fabricante, Formação ao Cliente e elaboracão de Telas Finais.**	1	Vg	1 120,00 €	1 120,00 €
	TOTAL				**81 295,37 €**

B.3.2. SAEI – GÁS IG 55

SEPREVE

EQUIPAMENTOS DE PREVENÇÃO E SEGURANÇA, LDA.

MATRICULADA NA CONSERVATÓRIA DO REGISTO COMERCIAL DE GONDOMAR COM O NRº 501783067

AV. D. MIGUEL, 551
APARTADO 112
4439-909 RIO TINTO
E-MAIL: sepreve@sepreve.pt
TELEFS. 22 9756467 / 22 9756468
TELEFAX. 22 9756469
CAP. SOCIAL 100.000 €
IVA - PT - 501 783 067

ISO 9001 BUREAU VERITAS Certification

Serviço Certificado NP 4413 BUREAU VERITAS Certification

PME líder '13

Orçamento : 14 - 1491 **Data :** 30.07.2014
Tipo de obra : ARQUIVO MUNICIPAL DE OVAR **Página :** Página 1 de 3
Cliente : CIVIGEST, GESTÃO DE PROJECTOS, LDA.

Pos.	Descrição	Qtd.	Uni.	P. Unit.	Total
1 .	SISTEMA DE EXTINÇÃO - SALA 1:				
1 .1	SIST.EXTINÇÃO IG55 3X80 LT/300 BAR	1,00	UN	7 720,00	7 720,00
1 .2	TUBAGENS E INSTALAÇÃO	1,00	VG	1 930,00	1 930,00
1 .3	JANELAS DE DESPRESSURIZAÇÃO PR-VENT300L HIGH-X	11,00	UN	1 100,00	12 100,00
1 .4	INSTALAÇÃO DE JANELAS DE DESPRESSURIZAÇÃO - EXCLUIDO	1,00	VG		
				Total Capitulo	**21 750,00**
2 .	SISTEMA DE EXTINÇÃO - SALA 2:				
2 .1	SIST.EXTINÇÃO IG55 4X80 LT/300 BAR	1,00	UN	9 790,00	9 790,00
2 .2	TUBAGENS E INSTALAÇÃO	1,00	VG	2 450,00	2 450,00
2 .3	JANELAS DE DESPRESSURIZAÇÃO PR-VENT300L HIGH-X	1,00	UN	1 100,00	1 100,00
2 .4	INSTALAÇÃO DE JANELAS DE DESPRESSURIZAÇÃO - EXCLUIDO	1,00	VG		
				Total Capitulo	**13 340,00**
3 .	SISTEMA DE EXTINÇÃO - SALA 3:				
3 .1	SIST.EXTINÇÃO IG55 4X80 LT/300 BAR	1,00	UN	9 790,00	9 790,00
3 .2	TUBAGENS E INSTALAÇÃO	1,00	VG	2 450,00	2 450,00
3 .3	JANELAS DE DESPRESSURIZAÇÃO PR-VENT300L HIGH-X	1,00	UN	1 100,00	1 100,00
3 .4	INSTALAÇÃO DE JANELAS DE DESPRESSURIZAÇÃO - EXCLUIDO	1,00	VG		
				Total Capitulo	**13 340,00**
4 .	SISTEMA DE EXTINÇÃO - SALA 4:				
4 .1	SIST.EXTINÇÃO IG55 4X80 LT/300 BAR	1,00	UN	9 790,00	9 790,00
4 .2	TUBAGENS E INSTALAÇÃO	1,00	VG	2 450,00	2 450,00
4 .3	JANELAS DE DESPRESSURIZAÇÃO PR-VENT300L HIGH-X	1,00	UN	1 100,00	1 100,00
4 .4	INSTALAÇÃO DE JANELAS DE DESPRESSURIZAÇÃO - EXCLUIDO	1,00	VG		
				Total Capitulo	**13 340,00**
5 .	SISTEMA DE EXTINÇÃO - SALA 5:				
5 .1	SIST.EXTINÇÃO IG55 4X80 LT/300 BAR	1,00	UN	9 790,00	9 790,00
5 .2	TUBAGENS E INSTALAÇÃO	1,00	VG	2 450,00	2 450,00
5 .3	JANELAS DE DESPRESSURIZAÇÃO PR-VENT300L HIGH-X	1,00	UN	1 100,00	1 100,00

Software PHC - Processado por programa certificado nº 0006/AT-Este documento não serve de fatura ***Total*** **119 819,62**

EQUIPAMENTOS DE PREVENÇÃO E SEGURANÇA, LDA.

SEPREVE

MATRICULADA NA CONSERVATÓRIA DO REGISTO COMERCIAL DE GONDOMAR COM O NRº 501783067

AV. D. MIGUEL, 551
APARTADO 112
4439-909 RIO TINTO
E-MAIL: sepreve@sepreve.pt
TELEFS. 22 9756467 / 22 9756468
TELEFAX. 22 9756469
CAP. SOCIAL 100.000 €
IVA - PT - 501 783 067

ISO 9001 BUREAU VERITAS Certification

Serviço Certificado NP 4413 BUREAU VERITAS Certification

PME líder '13

Orçamento : 14 - 1491 **Data :** 30.07.2014
Tipo de obra : ARQUIVO MUNICIPAL DE OVAR
Cliente : CIVIGEST, GESTÃO DE PROJECTOS, LDA.

Pos.	Descrição	Qtd.	Uni.	P. Unit.	Total
5 .4	INSTALAÇÃO DE JANELAS DE DESPRESSURIZAÇÃO - EXCLUIDO	1,00	VG		
				Total Capitulo	**13 340,00**
6 .	SISTEMA DE EXTINÇÃO - SALA 6:				
6 .1	SIST.EXTINÇÃO IG55 4X80 LT/300 BAR	1,00	UN	9 790,00	9 790,00
6 .2	TUBAGENS E INSTALAÇÃO	1,00	VG	2 450,00	2 450,00
6 .3	JANELAS DE DESPRESSURIZAÇÃO PR-VENT300L HIGH-X	1,00	UN	1 100,00	1 100,00
6 .4	INSTALAÇÃO DE JANELAS DE DESPRESSURIZAÇÃO - EXCLUIDO	1,00	VG		
				Total Capitulo	**13 340,00**
7 .	SISTEMA DE EXTINÇÃO - SALA 7:				
7 .1	SIST.EXTINÇÃO IG55 4X80 LT/300 BAR	1,00	UN	9 790,00	9 790,00
7 .2	TUBAGENS E INSTALAÇÃO	1,00	VG	2 450,00	2 450,00
7 .3	JANELAS DE DESPRESSURIZAÇÃO PR-VENT300L HIGH-X	1,00	UN	1 100,00	1 100,00
7 .4	INSTALAÇÃO DE JANELAS DE DESPRESSURIZAÇÃO - EXCLUIDO	1,00	VG		
				Total Capitulo	**13 340,00**
8 .	SISTEMA DE EXTINÇÃO - SALA 8:				
8 .1	SIST.EXTINÇÃO IG55 4X80 LT/300 BAR	1,00	UN	9 790,00	9 790,00
8 .2	TUBAGENS E INSTALAÇÃO	1,00	VG	2 450,00	2 450,00
8 .3	JANELAS DE DESPRESSURIZAÇÃO PR-VENT300L HIGH-X	1,00	UN	1 100,00	1 100,00
8 .4	INSTALAÇÃO DE JANELAS DE DESPRESSURIZAÇÃO - EXCLUIDO	1,00	VG		
				Total Capitulo	**13 340,00**
9 .	DETECÇÃO E COMANDO DE EXTINÇÃO - PREÇOS UNITÁRIOS:				
9 .1	CENTRAL 1 LOOP PROTEC REFª 6301 C/ASS.+BATERIAS	1,00	UN	2 320,00	2 320,00
9 .2	SENSOR OPTICO ANALOG.END. C/BASE PROTEC 6000PLUS/OP	1,00	UN	53,45	53,45
9 .3	SENSOR TÉRMICO ANALOG.END. C/BASE PROTEC 6000PLUS/HT	1,00	UN	53,45	53,45
9 .4	BOTÃO ALARME MAN.AN.END.C/CX E ISOLADOR 6000/MCP	1,00	UN	62,00	62,00
9 .5	SIRENE DE LOOP VERMELHA 101dBA, C/BASE STD.PROTEC 6000/SSR2	1,00	UN	80,72	80,72
9 .6	INTERFACE 1 ENTRADA/1 SAÍDA PROTEC 6000/MICCO C/BASE	1,00	UN	93,00	93,00
9 .7	CENTRAL 2Z.DET.+COM.EXTINÇÃO EXT201	1,00	UN	1 870,00	1 870,00

Total **119 819,62**

EQUIPAMENTOS DE PREVENÇÃO E SEGURANÇA, LDA.

SEPREVE

MATRICULADA NA CONSERVATÓRIA DO REGISTO COMERCIAL DE GONDOMAR COM O NRº 501783067

AV. D. MIGUEL, 551
APARTADO 112
4439-909 RIO TINTO
E-MAIL: sepreve@sepreve.pt
TELEFS. 22 9756467 / 22 9756468
TELEFAX. 22 9756469
CAP. SOCIAL 100.000 €
IVA - PT - 501 783 067

ISO 9001 BUREAU VERITAS Certification

Serviço Certificado NP 4413 BUREAU VERITAS Certification

PME líder '13

Orçamento : 14 - 1491 **Data :** 30.07.2014
Tipo de obra : ARQUIVO MUNICIPAL DE OVAR
Cliente : CIVIGEST, GESTÃO DE PROJECTOS, LDA.

Pos.	Descrição	Qtd.	Uni.	P. Unit.	Total
9 .8	BOTÃO MANUAL ENCRAVAMENTO AZUL C/CAIXA	1,00	UN	55,00	55,00
9 .9	SIRENE VERMELHA 24V ROSHNI ROLP/R/D/3	1,00	UN	32,00	32,00
9 .10	ARMADURA OPTICO-ACUSTICA 1 FACE C/DISTICO	1,00	UN	70,00	70,00
9 .11	TUBAGENS, CABLAGENS E INSTALAÇÃO - EXCLUIDO	1,00	VG		
				Total Capitulo	**4 689,62**

. IVA: NÃO INCLUIDO

Total Capitulo

B.4. ESTIMATIVAS ORÇAMENTAIS DOS MEIOS DE EXTINÇÃO POR ÁGUA NEBULIZADA

B.4.1. RASI (WATERMIST 60MIN.)

ORÇAMENTO ESTIMATIVO - RASI (Watermist 60min.)
PROJECTO: Arquivo Municipal de Ovar
DONO DE OBRA: Câmara Municipal de Ovar
LOCAL: Ovar
DATA: 13 de Março de 2017

Art.	Designação	Un.	Quant.	Preço Un.	Preço Total
1	**Construção de reservatório de água para o serviço de incêndio (Watermist 60min.)**				
1.1	**Movimento de Terras**				
1.1.1	Escavação em terreno de qualquer natureza, incluíndo reposição, compactação e depósito a vazadouro de terras sobrantes, para estabelecimento de cotas de projeto, incluindo todos os trabalhos necessários, para o volume do	m^3	36,10	10,00 €	361,02 €
1.2	**Estruturas de Betão Armado**				
1.2.1	Execução de estrutura de betão armado, hidrófugo, da classe de resistência B25 (C20/25) e aço A400NR, incluíndo cofragem, escoramentos e todos os trabalhos necessários, de acordo com pormenores de projecto e caderno de encargos,				
1.2.2	Aplicação de camada de betão de limpeza, B15 (C 12/15), na espessura mínima de 10 cm.	m^3	4,00	80,00 €	320,03 €
1.2.3	Laje de fundação do reservatório enterrado, na espessura de 25 cm.	m^3	3,28	250,00 €	820,49 €
1.2.4	Paredes resistentes do reservatório enterrado, na espessura de 20 cm.	m^3	9,29	200,00 €	1 858,90 €
1.2.5	Laje de teto do reservatório enterrado, na espessura de 15 cm.	m^3	1,97	300,00 €	590,75 €
1.3	**Revestimentos**				
1.3.1	Fornecimento e aplicação de reboco de revestimento cimentício nas paredes interiores do reservatório, com camada final de cerizite de impermeabilização.	m^2	50,25	15,00 €	753,77 €
1.3.2	Fornecimento e aplicação de sistema de impermeabilização exterior nas paredes enterradas, composto por aplicação de uma demão de pintura betuminosa, uma camada de telas asfálticas e manta geotêxtil.	m^2	53,00	20,00 €	1 060,01 €
1.4	**Diversos**				
1.4.1	Fornecimento e aplicação de equipamentos necessários ao funcionamento do reservatório, nomeadamente, escadas e portas de acesso, sistema de ventilação, rede mosquiteira, descarga de fundo, válvulas de enchimento e descarga e todos os equipamentos necessários ao seu bom funcionamento.	vg			750,00 €
				Total	**6 514,97 €**
				Volume útil do RASI (m^3)	10,16
				Custo do RASI (€/ m^3)	641,24 €

B.4.2. SAEI WATERMIST

ORÇAMENTO ESTIMATIVO - SAEI WATERMIST
PROJECTO: Arquivo Municipal de Ovar
DONO DE OBRA: Câmara Municipal de Ovar
LOCAL: Ovar
DATA: 13 de Março de 2017

Art.	Designação	Un.	Quant.	Preço Un.	Preço Total
1	**Fornecimento e instalação dos seguintes elementos constituintes do SAEI por água nebulizada:**				
1.1	Tubagem de aço inox austenítico, AISI 316L, soldado longitudinalmente, fabricado de acordo com a DIN 17457, incluindo todos os acessórios de ligação, no mesmo material, com uniões de compressão bicone, bem como, todos os acessórios de fixação à vista, com os seguintes diâmetros:				
1.1.1	DN 25	ml	35,60	75,00 €	2 670,00 €
1.1.2	DN 20	ml	77,02	70,00 €	5 391,40 €
1.1.3	DN 16	ml	100,05	64,00 €	6 403,20 €
1.1.4	DN 12	ml	63,55	60,00 €	3 813,00 €
1.2	Difusores automáticos de alta pressão, de aplicação de tecto, de montagem vertical, com temperatura de actuação de 68 °C.	un	127,00	105,00 €	13 335,00 €
1.3	Bocas de incêndio armadas tipo "carretel", para alta pressão, com coeficiente de descarga K 3.7, mangueira semi-rígida de 25m de comprimento, incluindo agulheta de água nebulizada, armário metálico, manómetro e todos os elementos necessários para o seu bom funcionamento.	un	4,00	2 500,00 €	10 000,00 €
1.4	Válvula de controlo do SAEI, do tipo pré-ação, DN 25, incluíndo válvula de retenção, sistema de alarme, sistema de drenagem e todos os elementos necessários ao bom funcionamento do sistema.	un	1,00	2 500,00 €	2 500,00 €
1.5	Compressor de ar, para enchimento da tubagem seca a jusante da válvula de controlo, incluíndo todas as ligações e acessórios necessários ao bom funcionamento do sistema.	un	1,00	1 000,00 €	1 000,00 €
1.6	Válvulas direccionais, DN 20, incluíndo caixa de alojamento.	un	8,00	1 800,00 €	14 400,00 €
1.7	Grupo de bombagem de alta pressão, composto por "n" pares de bombas de pistão, para vencer um caudal de 237.16 L/min e uma pressão de 122.53 bar, incluíndo bomba jockey, circuito de descarga de segurança, circuito de teste, conduta de aspiração, coletor de compressão, quadros eletrónicos de comando e controlo, base e estrutura de assentamento e todos os acessórios necessários ao seu bom funcionamento, tipo modelo MSPU04 do sistema HI-FOG da MARIOFF, ou equivalente.	vg	1,00	75 000,00 €	75 000,00 €
1.8	Ensaios e testes à rede do SAEI por água nebulizada.	vg	1,00	500,00 €	500,00 €
				Total	**135 012,60 €**
				Área útil dos locais de risco a proteger (arquivos) (m^2)	449,10
				Preço da rede sprinklers/ área útil de arquivo (€ /m^2)	300,63 €

ANEXO C

REQUISITOS DE PROJETO DE MEIOS COMPLEMENTARES AOS SAEI

C.1. INTRODUÇÃO

Os SAEI ficam interligados com outros meios de extinção, como sejam, os hidrantes e as redes interiores para extinção manual de 1.ª e 2.ª intervenção, bem como, necessitam de meios complementares, como sejam, os grupos de bombagem e os reservatórios de armazenamento de água.

Para o dimensionamento destes sistemas hidráulicos de combate a incêndio, tem-se que atender, em primeiro lugar, ao RT-SCIE [78], que contém as principais disposições e regras a ter em conta no projeto destes sistemas e, depois, a várias normas referentes a cada equipamento específico.

Por estes motivos a ANPC vem publicando um conjunto de notas técnicas, complementando as regras estabelecidas no RT-SCIE [78] e que também se devem ter em conta.

Para além disso, os SAEI constituem redes hidráulicas, que coexistem, dependem, ou interligam em algum ponto, com redes prediais de abastecimento de água, pelo que tem ainda de considerar-se os regulamentos e normas relativos às ditas redes prediais de abastecimento de água.

Quanto às questões relacionadas com as redes prediais de abastecimento de água, deve-se ter em conta o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, adiante designado por RGSPPDADAR [97] , bem como, o regulamento da entidade gestora das infraestruturas públicas de abastecimento de água do município onde o edifício se insere.

Como o caso de estudo se localiza em Aveiro, analisa-se também neste capítulo, o Regulamento Municipal de Abastecimento de Água e Drenagem de Águas Residuais do Município de Aveiro, adiante designado por RMAADAR – AVEIRO [80].

C.2. REDES EXTERIORES PARA HIDRANTES

C.1.1. REQUISITOS DO RT-SCIE

O RT-SCIE [78]faz as seguintes prescrições acerca hidrantes no seu artigo 12:

- A alimentação de água aos hidrantes deve ser feita através da rede pública, ou excecionalmente, através de rede privada, nas situações em que a rede pública não ofereça as condições necessárias;
- Quando não existe rede pública de abastecimento de água, ou quando esta não oferece condições suficientes de caudal e pressão, os hidrantes devem ser alimentados por rede privativa abastecida por reservatório privativo elevado (torre de água) ou superficial ou enterrado, com elevação da água com auxílio de sistema de bombagem;
- O volume mínimo do reservatório privativo de abastecimento de hidrantes é de 60 m^3;
- O caudal mínimo a garantir por hidrante é de 20 L/s e o número de hidrantes em funcionamento simultâneo a considerar é de dois;
- A pressão dinâmica mínima a garantir deverá ser de 150 kPa;
- A localização dos marcos de incêndio deve ser realizada junto aos lancis dos passeios das vias de acesso na envolvente do edifício em causa, dispostos de modo a que se encontrem a uma distância não superior a 30 m de cada saída do edifício em causa;
- A localização das bocas de incêndio deve ser realizada nos muros delimitadores do lote do edifício, nas paredes de fachada se o edifício for contíguo com a via pública ou junto aos lancis dos passeios, quando estes existam, de modo a que exista uma boca de incêndio por cada 15 m de parede ou fração, quando esta exceder os 7,5 m;

- Os hidrantes exteriores devem ser fabricados segundo a NP EN 14384:2007 [82], dando preferência à instalação de marcos de incêndio em detrimento de bocas de incêndio, sempre que seja compatível com a pressão e diâmetro da rede pública.

Para além destas disposições, devem ser tidas em conta as condições específicas exigidas no título VIII do RT-SCIE [78] para cada utilização-tipo.

C.1.2. REQUISITOS DO RGSPPDADAR

O RGSPPDADAR [97], preconiza os volumes de água para combate a incêndios, a fornecer pela rede pública, em função do risco de ocorrência e propagação na zona urbana onde se insere, descrita no seu artigo 18:

- 15 l/s em zonas com grau de risco 1 (zonas urbanas de risco mínimo de incêndio, devido a fraca implantação de edifícios, predominantemente do tipo familiar);
- 22,5 l/s em zonas com grau de risco 2 (zonas urbanas de baixo grau de risco, constituídas predominantemente por construções isoladas com um máximo de quatro pisos acima do solo);
- 30 l/s em zonas com grau de risco 3 (zonas urbanas de moderado grau de risco, predominantemente constituídas por construções com um máximo de dez pisos acima do solo, destinadas à habitação, eventualmente, com algum comércio e pequena indústria);
- 45 l/s em zonas com grau de risco 4 (zonas urbanas de considerável grau de risco, constituídas por construções de mais de dez pisos, destinadas a habitação e serviços públicos, nomeadamente, centros comerciais);
- A definir caso a caso, em zonas com grau de risco 5 (zonas urbanas de elevado grau de risco, caracterizadas pela existência de construções antigas ou de ocupação essencialmente comercial e de atividade industrial que armazene, utilize ou produza materiais explosivos ou altamente inflamáveis).

O RGSPPDADAR [97] faz as seguintes prescrições acerca o dimensionamento de redes de distribuição de água nos seus artigos 21 e 22:

- Nas situações de incêndio não é exigida qualquer limitação de velocidade e admitem-se alturas piezométricas inferiores a 100 kPa;
- A pressão máxima, estática ou de serviço, medida ao nível do solo, não deve ultrapassar 600 kPa em qualquer ponto de utilização.

O RGSPPDADAR [97] faz as seguintes prescrições acerca o diâmetro das condutas das redes de distribuição de água, que asseguram simultaneamente o serviço de combate a incêndios, no seu artigo 23:

- 80 mm em zonas com grau de risco 1;
- 90 mm em zonas com grau de risco 2;
- 100 mm em zonas com grau de risco 3;
- 125 mm em zonas com grau de risco 4;
- > 150 mm (a definir caso a caso) em zonas com grau de risco 5.

O RGSPPDADAR faz as seguintes prescrições acerca hidrantes nos seus artigos 54 e 55:

- Os hidrantes considerados são os marcos de incêndio e as bocas de incêndio, cuja conceção deve garantir a sua utilização exclusiva pelos bombeiros e pelos serviços municipais;
- A localização dos hidrantes é da responsabilidade da entidade gestora, após consulta das corporações de bombeiros locais;

- No entanto, deve ter-se em consideração que a instalação de marcos de incêndio deve ser preferível à instalação de bocas de incêndio, que tendem a ser substituídas;
- Para além disso, os marcos de incêndio devem ser instalados junto ao lancil dos passeios que marginam as vias públicas, sempre que possível nos cruzamentos e bifurcações, com afastamentos máximos em função do risco de incêndio da zona, designadamente:
    - 200 m para grau de risco 1;
    - 150 m para grau de risco 2;
    - 130 m para grau de risco 3;
    - 100 m para grau de risco 4;
    - a definir caso a caso para grau de risco 5.
- E quanto à localização das bocas de incêndio, quando não puderem ser utilizados marcos de incêndio, devem ser instaladas com afastamento máximo de 25m, quando se trate de construções em banda.

O RGSPPDADAR faz as seguintes prescrições acerca os diâmetros dos hidrantes no seu artigo 55:

- O diâmetro nominal mínimo dos ramais de alimentação de bocas de incêndio é de 45mm;
- O diâmetro nominal mínimo dos ramais de alimentação de marcos de incêndio é de 90 mm;
- O diâmetro de saída das bocas de incêndio é de 40mm;
- O diâmetro de saída dos marcos de incêndio é de 60 mm, 75 mm e 90 mm.

C.1.3. REQUISITOS DA NP EN 14384

Esta norma específica os requisitos mínimos, métodos de ensaio, marcação e avaliação da conformidade para marcos de incêndio de coluna a serem instalados em sistemas de distribuição de água.

A norma estabelece quatro tipos de modelos de hidrantes de coluna, consoante tem ou não tem sistema de drenagem (hidrante de coluna seca ou hidrante de coluna húmida) e consoante tem ou não tem sistema de fusível. A combinação destas características dá origem aos modelos tipo A, B, C ou D, conforme sintetizado no Quadro 5.1.

Quadro 5.1 – Designação de marcos de incêndio – NP EN 14384 [82].

Tipos	Sem fusível	Com fusível
Seco	A	C
Húmido	B	D

O sistema de drenagem de um hidrante de coluna é um mecanismo que permite o esvaziamento automático da coluna quando se fecha a válvula principal e é o sistema indicado para zonas onde haja risco de congelamento.

O sistema de fusível é um mecanismo que permite que a parte do hidrante que fica acima do solo, se separe da parte enterrada, quando é submetido a um choque, mantendo a estanqueidade da válvula principal.

A norma estabelece que os marcos de incêndio devem ter as seguintes características:

- Pressão nominal de funcionamento PN16 (16bar);

- Ligação de entrada vertical ou horizontal, flangeada, roscada ou de bocas;
- Número de saídas fica ao critério de requisitos nacionais;
- Com válvula de globo (fuso descendente) ou de cunha;
- Diâmetro nominal DN80, DN100 ou DN150;
- O DN do corpo deve ser igual ou superior ao DN das saídas, havendo um número mínimo de 2 saídas para marcos com DN 150;
- Distância das saídas ao nível do solo H1 ≥ 300mm;
- Ângulo nominal de ligação de saída a deve ser $60^{o} \leq a \leq 90^{o}$.
- Todas as ligações de saída devem estar compreendidas dentro de um ângulo nominal b de 180^{o} e devem permitir que se possam conectar todas as ligações das saídas ao mesmo tempo.

Um aspeto importante é o número de saídas e tipo de bocal, que a norma remete para os critérios nacionais "a conceção das saídas deve estar de acordo com os requisitos nacionais válidos no país de utilização" [82].

O dispositivo de manobra fica também ao critério de regulamentação nacional.

Também a cor de sinalização deve seguir as regulamentações nacionais ou, quando estas não existem, deve ser acordada entre o cliente/ fabricante.

A tampa de proteção quando incorporada, não deve constituir obstrução à ligação da mangueira, ao dispositivo de manobra, nem ao sistema de drenagem.

Quanto ao fabrico dos marcos de incêndio, a norma estabelece vários critérios de ensaio e controlo do fabrico, que deverá estar sujeito a um sistema de controlo certificado e a marcação CE. Para o caso, interessa mais analisar os aspetos referentes a caraterísticas hidráulicas, no entanto, salientam-se os seguintes:

- A carcaça dos marcos de incêndio deve ser fabricada em ferro fundido de grafite lamelar (EN 1503-3), em ferro fundido de grafite esferoidal (EN 1503-3) ou em aço (EN 1503-1);
- As flanges de entrada dos marcos de incêndio devem ser compatíveis com a norma EN 1092-1 ou EN 1092-2, consoante o material da carcaça;
- Todas as juntas em elastómero devem ser adequadas a utilização com água fria potável, em conformidade com a EN 681-1;
- Tampa de proteção quando incorporada, não deve constituir obstrução à ligação da mangueira, ao dispositivo de manobra e ao sistema de drenagem;
- Deve ser marcado de forma indelével na parte superior do hidrante, o número de voltas de abertura, bem como a direção de abertura;
- No caso de marcos de incêndio secos, a drenagem da água acumulada acima do obturador da válvula principal deve ser possível sem necessidade de retirar o marco de incêndio, sendo que o desempenho deste sistema de drenagem deve satisfazer os requisitos da seção 5.6 da EN 1074-6:2004;
- No ensaio de estanqueidade, submetido a valores de pressão de ensaio admissível de 2500 kPa, o hidrante não deve apresentar sinais de fuga pela válvula;
- Os materiais e revestimentos de fabrico dos marcos de incêndio devem garantir uma adequada resistência à corrosão interna, externa e aos produtos de desinfeção;

C.1.4. REQUISITOS DA NT 7

A NT 7 [19], tem como objetivo definir os tipos de modelos de hidrantes exteriores e as especificações técnicas de projeto, instalação e inspeção, de modo a cumprirem a regulamentação nacional e comunitária (Europeia).

Adicionalmente, define e propõe formas de proteção e sinalização a dispor nos hidrantes.

Quanto aos tipos de modelos de hidrantes exteriores, considera válidos os marcos de incêndio (hidrantes de coluna), as bocas de incêndio de fachada (ou de parede) e as bocas de incêndio de passeio (ou enterradas).

No entanto, preconiza que a utilização futura de bocas de incêndio, só deve ser considerada na falta de condições de diâmetro ou pressão disponibilizados pela rede pública de abastecimento de água, sujeita sempre a autorização prévia da entidade gestora dessa rede pública, recomendando ainda, que as bocas de incêndio existentes sejam progressivamente substituídas por marcos de incêndio.

A NT 7 [19] faz as seguintes especificações sobre marcos de incêndio adicionais à NP EN 14384 [82]:

- Os marcos de incêndio ou hidrantes de coluna, devem ser constituídos essencialmente pela cabeça e corpo da coluna (divididos por sistema de fusível), pelo mecanismo de operação (acionado por chave ou volante) e por três bocas de saída, inclinadas relativamente ao corpo da coluna;
- Os bocais de saída devem ser do tipo Storz, de ¼ de volta, para acoplamento rápido das mangueiras, sendo os diâmetros exteriores das junções de 52mm, 75mm e 110mm;
- Deverá ser salvaguardada a acessibilidade e a manobra a todos os hidrantes exteriores;
- Os marcos de incêndio deverão ser protegidos contra choques de viaturas, quando necessários, por três tubos com diâmetro de 40mm, em forma de U invertido, fixados ao pavimento, dispostos em forma de triângulo em torno do marco, com afastamento de 0,60m deste e pintados a vermelho (RAL 3000);
- Recomenda ainda a sinalização da existência de marcos, nas vias situadas fora de área urbana, através da colocação de uma faixa refletora azul no pavimento, perpendicularmente à via;
- Em tudo o resto, os marcos de incêndio devem ser fabricados e certificados em conformidade com a NP EN 14384, atender aos seus requisitos e ter marcação CE.

A NT 7 [19] faz as seguintes especificações sobre bocas de incêndio:

- As bocas de incendio devem ser instaladas em nicho próprio, com válvula de seccionamento;
- O corpo das bocas deverá ser fabricado em material resistente a solicitações mecânicas e a ambientes corrosivos;
- As bocas devem ser equipadas com válvula de seccionamento do tipo globo, com abertura por volante, devendo o volante indicar o sentido de abertura de forma indelével;
- A ligação das bocas às mangueiras deve ser feita por sistema de aperto rápido, de ¼ de volta, de modelo Storz, com diâmetro nominal de junção de 52;
- O diâmetro mínimo do ramal de alimentação é de 45mm;
- A saída das bocas deve ser tamponada, com tampões ligados às bocas por correntes e o seu tamponamento deve garantir total estanqueidade, quando submetidas a uma pressão de teste de 2500 KPa;
- Deverá ser salvaguardada a acessibilidade e a manobra a todos os hidrantes exteriores;
- As bocas de incêndio de parede, devem ser instaladas a uma altura mínima de 0,50m acima da cota do pavimento, dentro de um nicho com dimensões mínimas de 290mm x 235mm e uma profundidade que garanta um afastamento mínimo de 75mm entre a parte mais saliente da união

Storz e a portinhola de acesso, com chave de acesso restrito aos bombeiros, sendo que esta deverá ser fabricada em material resistente ao choque e à humidade, dotada de chave própria e sinalizada com as iniciais SI de forma clara;

- A válvula da boca de incêndio de parede deve ficar albergada em nicho próprio, com secção circular, com raio mínimo de 100mm e estar protegido com portinhola com características idênticas à portinhola da boca;
- As bocas de incêndio enterradas, deverão ser instaladas em caixa própria, com tampas de dimensões mínimas de 300 mm x 400 mm fabricadas em material resistente ao choque e à humidade, dotadas de chave própria, de acesso restrito aos bombeiros e sinalizadas com as iniciais SI de forma clara, sendo que as bocas de incêndio enterradas e as respetivas válvulas de seccionamento podem partilhar a mesma caixa;
- As bocas de incêndio enterradas deverão ser protegidas por um sistema inibidor de estacionamento de veículos, assegurando uma distância mínima livre de 1,00m em torno da boca.

A NT 7 [19] faz as seguintes especificações sobre a alimentação dos hidrantes, nomeadamente, sobre os diâmetros nominais mínimos das condutas de alimentação dos hidrantes:

- DN 80, para alimentação de bocas de incêndio em edifícios e recintos onde as utilizações tipo sejam exclusivamente da 1ª categoria de risco;
- DN 100, para marcos de incêndio em edifícios e recintos onde as utilizações tipo sejam da 1ª e 2ª categoria de risco;
- DN 125, para marcos de incêndio em edifícios e recintos onde as utilizações tipo sejam da 3ª categoria de risco;
- DN 150, para marcos de incêndio em edifícios e recintos onde as utilizações tipo sejam da 4ª categoria de risco.

A NT 7 [19] faz as seguintes especificações sobre manutenção dos hidrantes:

- Após a conclusão da instalação de hidrantes exteriores, deve ser acordado um plano de manutenção entre o dono-de-obra e o instalador ou fabricante, que assegure um funcionamento correto ao longo do tempo de vida útil;
- Na ausência de normas sobre manutenção de hidrantes, a periodicidade das operações de manutenção deve ser no mínimo anual.

C.1.5. REQUISITOS DO RMAADAR - AVEIRO

O RMAADAR – AVEIRO [80] admite hidrantes do tipo bocas de incêndio e marcos de água, estando a instalação de bocas de incêndio sujeita a autorização pela entidade gestora Adra.

O RMAADAR - AVEIRO [80] é condizente com o RGSPPDADAR [97], relativamente às especificações sobre:

- Caudais a fornecer pela rede pública para abastecimento de hidrantes (artigo 20.º);
- Velocidades e pressões máximas e mínimas nas redes de alimentação dos hidrantes (artigo 23.º);
- Diâmetros mínimos das condutas de abastecimento dos hidrantes (artigo 25.º);
- Localização dos hidrantes (artigo 57.º);

O RMAADAR - AVEIRO [80] faz as seguintes especificações sobre os ramais de alimentação dos hidrantes no seu artigo 58:

- Os diâmetros interiores mínimos dos ramais de alimentação dos hidrantes não devem ser inferiores aos diâmetros de saída;
- Os diâmetros de saída são fixados em 50 mm para as bocas de incêndio e em 60 mm, 75mm e 90mm para os marcos de água.

É referido ainda neste artigo que deverá ser sempre instalada uma válvula de seccionamento no ramal de alimentação dos hidrantes.

C.3. EXTINTORES E OUTROS MEIOS PORTÁTEIS

C.2.1. REQUISITOS DO RT-SCIE

O RT-SCIE [78] exige, no seu artigo 163, a instalação de extintores de primeira intervenção em todos os edifícios, exceto nos edifícios da utilização-tipo I da 1ª ou da 2ª categoria de risco, devendo ser devidamente dimensionados e adequadamente distribuídos, que, na ausência de outros critérios de dimensionamento, devem atender aos seguintes:

- A distância a percorrer de qualquer saída de um local de risco para os caminhos de evacuação até ao extintor mais próximo não deve exceder 15m;
- Os extintores devem ser distribuídos à razão de 18 L de agente extintor padrão por cada 500 m2 ou por fração de área de pavimento em que se situem;
- Deve ser instalado um extintor por cada 200 m2 de pavimento do piso ou fração, com um mínimo de 2 por piso.

Relativamente à distribuição de extintores em locais com riscos específicos, o RT-SCIE [78] preconiza que:

- Todos os locais de risco C e F devem ser dotados de extintores;
- Devem ser instaladas mantas ignífugas em complemento dos extintores em cozinhas e laboratórios classificados como sendo locais de risco C;
- Nas centrais térmicas com potência útil superior a 70 kW, alimentadas por combustível sólido ou líquido, deve existir:
    - 1 recipiente com 100 L de areia e uma pá;
    - Extintores de eficácia mínima de 34B, à razão de 2 extintores por queimador, com um máximo exigível de 4 extintores.
- Nas centrais térmicas com potência útil superior a 70 kW, alimentadas por combustível gasoso, deve existir 1 extintor de pó químico ABC, com eficácia mínima de 5A/ 34B.
- Nos recintos alojados em tendas e estruturas insufláveis, devem existir extintores, de acordo com os pontos anteriores e, complementarmente, devem ser dispostos extintores móveis de pó químico ABC, com capacidade mínima de 50 kg, à razão de 1 extintor móvel, por cada 8 extintores portáteis ou fração.

Quanto à instalação dos extintores o RT-SCIE [78] preconiza que:

- Devem ser adequadamente distribuídos, instalados em locais com boa visibilidade, sinalizados sempre que necessário, fixados em suporte próprio, de modo a que o seu manípulo fique a uma altura máxima de 1,20m do pavimento;
- Devem ser instalados preferencialmente:
    - Em vias de evacuação horizontais ou, em alternativa, em câmaras corta-fogo, quando estas existam;

- No interior dos grandes espaços e junto às suas saídas.

Para além destas disposições, devem ser tidas em conta as condições específicas exigidas para cada utilização-tipo, descritas no título VIII do RT-SCIE [78], nomeadamente, em gares de transporte, parques de campismo ou industrias e armazéns onde sejam manipulados ou armazenados líquidos combustíveis.

C.2.2. REQUISITOS DA NP 3064

A norma NP 3064 [98] estabelece, entre outros, requisitos para seleção e localização dos extintores portáteis.

Quanto à localização dos extintores portáteis a NP 3064 [98] faz, entre outras, as seguintes exigências:

- Os extintores devem ser colocados em suportes de parede ou montados em pequenos recetáculos, de modo a que o topo do extintor fique a uma altura máxima de 1,5 m acima do solo (devendo ser considerada uma altura máxima de 1,20m, de acordo com o RT-SCIE [78]);
- Devem estar localizados nas áreas de trabalho e ao longo dos percursos normais, incluindo as saídas.
- Os acessos aos extintores não devem estar obstruídos e estes não devem estar ocultos. Devendo estar em locais acessíveis e visíveis, sinalizados segundo as normas portuguesas aplicáveis.
- Em grandes compartimentos ou em certos locais, quando a obstrução visual não possa ser evitada, devem existir meios suplementares que indiquem a sua localização;
- Os extintores colocados em locais onde fiquem sujeitos a sofrer danos físicos ou a intempéries, devem ser protegidos em recetáculos próprios;
- Os extintores devem ser adequados para serem colocados em ambientes com temperaturas entre 4ºC e 50ºC, ou, serem devidamente aprovados para temperaturas diferentes, sempre que necessário.

Quanto à seleção dos extintores portáteis, designadamente, no que se refere ao seu número, eficácia e localização, a NP 3064 [98] estabelece que, para uma determinada situação, deve ser determinada segundo:

- A natureza dos possíveis incêndios;
- Do conhecimento antecipado do tipo de construção, do número de ocupantes, do risco a proteger e das condições de ambiente e temperatura.

Quanto ao risco de incêndio a considerar em cada caso, a NP3064 [98] avalia-o em 3 classes:

- Risco ligeiro – Utilizações do tipo escritórios, escolas, igrejas, locais de reunião, centrais telefónicas, etc., onde as quantidades de combustível ou líquidos inflamáveis existentes nos locais, apenas possam contribuir para a ocorrência de incêndios de pequenas proporções;
- Risco ordinário – Utilizações do tipo armazéns, parques de estacionamento, pequenas fábricas, armazéns de mercadorias não perigosas, lojas de artigos escolares, etc., onde as quantidades de combustível ou líquidos inflamáveis existentes nos locais, possam contribuir para a ocorrência de incêndios de dimensões normais;
- Risco grave – Utilizações do tipo serrações, oficinas de automóveis e de manutenção de aviões, armazéns de combustíveis e atividades que envolvam o manuseamento de líquidos inflamáveis, tintas, ceras, etc., onde as quantidades de combustível ou líquidos inflamáveis existentes nos locais, possam contribuir para a ocorrência de incêndios de grandes proporções.

Quanto à seleção de extintores portáteis, consoante o tipo de construção e ocupação, a NP3064 [98] preconiza o seguinte:

- A proteção de construções deve ser feita, regra geral, com extintores para fogos da classe A;
- A proteção dos locais com riscos específicos de ocupação, devem ser protegidos com extintores para fogos da classe A, B, C ou D, consoante o maior risco de ocupação que apresentem.

Quanto à seleção de extintores portáteis para fogos da classe A, a NP3064 [98] preconiza o seguinte:

- A distribuição dos extintores portáteis, onde possam ocorrer fogos da classe A, deve ser feita de acordo com a eficácia mínima dos extintores e a classe de risco determinada para um determinado local, conforme o Quadro 5.2.
- A área máxima admissível para a cobertura de um extintor é de 1125 m^2;
- Deve existir pelo menos um extintor de eficácia mínima, adequada à classe de risco do local, mesmo quando as áreas a proteger são inferiores às menores áreas do Quadro 5.2.
- A distância máxima a percorrer até um extintor deverá ser de 25m;
- Podem ser utilizados extintores com eficácias superiores, contudo, deve ser respeitada a distância máxima de 25m.

Quadro 5.2 – Área de cobertura de extintores portáteis em fogos da classe A [98].

Eficácia do extintor	Área a proteger (m^2)		
	Risco ligeiro	Risco ordinário	Risco grave
5A	300	-	-
8A	600	300	-
13A	900	450	300
21A	1125	600	400
34A	1125	900	600
55A	1125	1125	900

Quanto à seleção de extintores portáteis para fogos da classe B, a NP3064 [98] preconiza o seguinte:

- A distribuição dos extintores portáteis, onde possam ocorrer fogos da classe B, deve ser feita de acordo com a eficácia mínima dos extintores e a classe de risco determinada para um determinado local, conforme o Quadro 5.3.
- Não devem ser utilizados mais do que 2 extintores para obter a proteção requerida em fogos da classe B;
- Podem ser utilizados extintores com eficácias superiores, contudo, deve ser respeitada a distância máxima de 15m;
- Devem ser utilizados meios complementares e adicionais aos extintores portáteis, em fogos da classe B, sempre que existam líquidos inflamáveis, suscetíveis de serem derramados, numa área superior a 2 m^2 e com uma espessura superior a 6mm (que equivale a 12 L líquido inflamável);
- Quando existam líquidos inflamáveis armazenados em tanques, deve existir pelo menos 1 extintor por m^2 de superfície do maior tanque do local a proteger, não devendo ser utilizados 2 ou mais extintores de eficácias menores, em detrimento de 1 extintor de eficácia requerida para o maior dos tanques;
- Sempre que existam zonas a proteger separadas a distâncias superiores às indicadas no Quadro 5.3, estas devem ser protegidas isoladamente;

- Os extintores necessários para proteger uma determinada zona devem ser colocados de forma a ficarem acessíveis e sem que o seu operador fique em perigo, na ocorrência de um incêndio.

Quadro 5.3 – Distâncias máximas a percorrer até um extintor portátil em fogos da classe B [98].

Tipo de risco	Eficácia mínima dos extintores	Distância máxima a percorrer até ao extintor (m)
Ligeiro	5B	9
	10B	15
Ordinário	10B	9
	20B	15
Grave	20B	9
	40B	15

Quanto à seleção de extintores portáteis para fogos da classe C, a NP3064 [98] preconiza o seguinte:

- Não se deve tentar extinguir fogos da classe C, uma vez que são considerados como um risco especial, a não ser que o operador tenha a certeza que a saída do gás combustível possa ser rapidamente fechada;
- Deve-se ter em consideração que alguns extintores de espuma ou dióxido de carbono, indicados para fogos de classe B, são praticamente ineficazes em fogos da classe C, devido às pressões habituais dos gases combustíveis;
- Contudo, as distâncias a percorrer até um extintor, para fogos da classe C, não devem ser superiores às indicadas no Quadro 5.3;
- A seleção de extintores para fogos da classe C deve ser feia com base nas indicações dos fabricantes.

Quanto à seleção de extintores portáteis para fogos da classe D, a NP3064 [98] preconiza o seguinte:

- Os extintores devem ser colocados a uma distância máxima de 25m das zonas de risco;
- O tipo de agente extintor e a capacidade dos extintores deve ser determinada em função do tipo de metal, do tamanho das partículas, da área a proteger e das recomendações do fabricante dos extintores, fundamentadas em ensaios de comportamento.

Quanto à seleção de extintores portáteis para fogos com presença de riscos elétricos, a NP3064 [98] preconiza o seguinte:

- Os extintores utilizados em equipamento elétrico sob tensão devem satisfazer o ensaio dielétrico;
- Os extintores de CO_2 equipados com difusores metálicos, não são considerados seguros para utilizar em fogos com equipamentos sob tensão;
- Uma vez desligada a corrente elétrica, podem ser utilizados extintores para as classes A, B, C ou D, conforme o tipo de fogo previsto.

C.4. REDES FIXAS INTERIORES PARA EXTINÇÃO MANUAL

C.3.1. REQUISITOS DO RT-SCIE - REDES DE 1ª INTERVENÇÃO

O RT-SCIE [78] impõe, no seu artigo 164, a instalação e utilização de redes fixas de primeira intervenção nos seguintes casos:

- Edifícios com utilização-tipo II a VIII, XI e XII, da 2ª categoria de risco ou superior;
- Edifícios com utilização-tipo II, da 1ª categoria de risco e que tenham espaços cobertos com área superior a 500 m^2;
- Edifícios com utilização-tipo I, IX e X da 3ª categoria de risco ou superior;
- Os locais que possam receber mais de 200 pessoas;
- Em locais referidos nas condições específicas para cada utilização-tipo, descritos no título VIII do RT-SCIE [78], bem como a exceções como a relativa às utilizações tipo VIII (gares de transporte), onde é interdita a existência de meios de primeira intervenção, que utilizem a água como agente extintor, em plataformas de embarque de veículos ferroviários com tração elétrica.

O RT-SCIE [78] faz as seguintes prescrições acerca da localização das bocas-de-incêndio nas redes fixas de mangueiras para primeira intervenção no seu artigo 165:

- As mangueiras devem permitir que todos os pontos do espaço a proteger sejam atingíveis por uma agulheta, a uma distância máxima de 5m;
- A distância entre duas bocas-de-incêndio não pode ser superior ao dobro do comprimento das mangueiras utilizadas;
- Deve ser colocada uma boca-de-incêndio junto à saída dos caminhos horizontais de evacuação, para os caminhos verticais de evacuação (a uma distância máxima de 3m do respetivo vão de transição);
- Deve ser colocada uma boca-de-incêndio junto à saída dos locais que possam ter mais de 200 ocupantes.

O RT-SCIE [78] faz as seguintes prescrições acerca das características das bocas-de-incêndio das redes fixas de mangueiras para primeira intervenção no seu artigo 166:

- As bocas-de-incêndio a instalar nestas redes devem ser do tipo carretel, ou seja, as mangueiras utilizadas devem ser adequadas para serem enroladas em torno de um tambor rotativo;
- O manípulo de manobra deve localizar-se a uma altura máxima do pavimento de 1,50 m;
- Os carretéis de tambor fixo devem possuir guia de roletes e podem ser utilizados apenas se ficarem salientes relativamente à parede;
- Os carretéis de rodar ou de pivotar, podem ficar encastrados, com ou sem armários;
- Os armários deverão ser de modelo homologado, no conjunto com o carretel e a porta, sendo que esta deverá ficar à face da parede ou saliente, de maneira a que possa rodar 170º na sua abertura.

O RT-SCIE [78] faz as seguintes prescrições acerca da alimentação das bocas-de-incêndio das redes fixas de mangueiras para primeira intervenção no seu artigo 167:

- Deve ser garantido em cada boca-de-incêndio uma pressão dinâmica mínima de 250 kPa e um caudal instantâneo mínimo de 1,5 L/s, assumindo o funcionamento em simultâneo de metade das bocas-de-incêndio, com um máximo de quatro;
- A alimentação das redes fixas de mangueiras para 1ª intervenção deve ser feita, regra geral, a partir do ramal de alimentação à rede pública e a distribuição da água deve ser feita a partir de tubagens independentes da rede predial de abastecimento de água;

- A alimentação destas redes deve garantir condições de continuidade de caudal e pressão, devendo ser feita, regra geral, a partir de reservatório privativo de serviço de incêndio (RASI) e central de bombagem de serviço de incêndio (CBSI);
- É admitida a alimentação destas redes a partir da rede pública de abastecimento de água, caso esta ofereça condições de continuidade de pressão e caudal, mas apenas para edifícios com utilizações-tipo das 1ª e 2ª categorias de risco;
- A CBSI deverá ter uma fonte de alimentação de energia alternativa à rede elétrica do edifício;
- A pressão da água existente nestas redes deve ser indicada por meio de manómetros instalados nos seus pontos mais desfavoráveis.

O RT-SCIE [78] prescreve no seu artigo 168 que as redes húmidas de mangueiras para primeira intervenção devem ser homologadas de acordo com as normas portuguesas, ou, na sua falta, de acordo com especificações técnicas publicadas por despacho do presidente da ANPC. Assim, destaca-se a norma NP EN 671-1 [84], referentes a bocas de incêndio equipadas com mangueiras semirrígidas, em instalações fixas de luta contra incêndio.

C.3.2. REQUISITOS DO RT-SCIE - REDES DE 2ª INTERVENÇÃO

As redes de 2ª intervenção podem ser húmidas ou secas, consoante exista ou não, risco de congelamento, riscos elétricos, ou de acordo com a análise de risco para o edifício em questão, feita de preferência com a participação dos bombeiros locais.

O RT-SCIE [78] impõe, no seu artigo 168, a instalação e utilização de redes fixas de 2ª intervenção nos seguintes casos:

- Edifícios com utilização tipo I e II, da 2ª categoria de risco, que podem ser servidos por redes secas ou húmidas;
- Edifícios da 3ª categoria de risco ou superior, que devem ser servidos por redes húmidas, com as exceções relativas às utilizações tipo VIII (gares de transporte), nomeadamente:
- Em locais referidos nas condições específicas para cada utilização-tipo, descritos no título VIII do RT-SCIE [78], bem como exceções, nomeadamente as seguintes relativas às utilizações tipo VIII (gares de transporte):
    - interdição da existência de bocas de incêndio armadas em redes húmidas em plataformas de embarque de veículos ferroviários com tração elétrica;
    - interdição da existência de redes húmidas em plataformas subterrâneas ou de pisos subterrâneos de gares mistas e os eventuais troços de túnel adjacentes, que devem ser servidos por redes secas.
- Nas situações acima referidas, em que é exigida a existência de redes de 2ª intervenção, podem ser utilizadas redes secas em substituição das redes húmidas, sempre que exista risco de congelamento da água.

O RT-SCIE [78] faz as seguintes prescrições acerca da alimentação das redes fixas de mangueiras para segunda intervenção nos seus artigos 168 e 171:

- As redes húmidas devem ser colocadas permanentemente em carga, com água proveniente de um RASI e pressurizada por uma CBSI;
- As redes húmidas devem ser dotadas de uma alimentação alternativa pelos bombeiros, constituída essencialmente, por um tubo seco ligado ao coletor de saída das bombas hidráulicas e com boca de alimentação na fachada do edifício;

- Deve ser garantido na boca-de-incêndio mais desfavorável uma pressão mínima de 350 kPa e um caudal instantâneo mínimo de 4,0 L/s, assumindo o funcionamento em simultâneo de metade das bocas-de-incêndio, com um máximo de quatro.

O RT-SCIE [78] faz as seguintes prescrições acerca da localização e características das bocas-de-incêndio de piso, das redes fixas de mangueiras para segunda intervenção no seu artigo 169:

- As bocas-de-incêndio para 2ª intervenção devem ser dispostas, no mínimo, nas câmaras corta-fogo, ou então quando estas não existam, nos patamares de acesso das comunicações verticais de evacuação, em todos os pisos;
- As bocas-de-incêndio de piso devem ser duplas, com acoplamento do tipo Storz, com diâmetro de junção de 52mm, devendo ser instaladas a uma altura de 0,80m a 1,20m, desde o seu eixo até ao pavimento;
- É admitido a instalação das bocas-de-incêndio dentro de nichos ou de armários, desde que devidamente sinalizados e desde que seja garantida uma altura mínima de 0,50m entre a parte inferior do armário ou do nicho e o eixo das bocas.

O RT-SCIE [78] faz as seguintes prescrições acerca da localização e características das bocas-de-incêndio de piso tipo teatro, das redes fixas de mangueiras para segunda intervenção no seu artigo 168 e 170:

- As bocas-de-incêndio devem ser armadas com mangueiras do tipo teatro nos edifícios da 4ª categoria de risco, das utilizações-tipo IV, V, VI, VIII e XII;
- As bocas-de-incêndio armadas com mangueiras do tipo teatro devem ser flexíveis e ter diâmetro de 45mm ou de 70mm;
- Estas bocas-de-incêndio devem localizar-se, por ordem de prioridade, na caixa de escada, em câmaras corta-fogo, de maneira a que o combate a um eventual incêndio possa ser feito a partir de um local protegido.

O RT-SCIE [78] prescreve no seu artigo 168 que as redes secas e húmidas devem ser homologadas de acordo com as normas portuguesas, ou, na sua falta, de acordo com especificações técnicas publicadas por despacho do presidente da ANPC. Assim, destaca-se a norma NP EN 671-2 [99], referente a bocas de incêndio equipadas com mangueiras flexíveis, em instalações fixas de luta contra incêndio.

C.3.3. REQUISITOS DO RGSPPDADAR

O RGSPPDADAR [97] faz as seguintes prescrições de dimensionamento acerca redes prediais de distribuição de água nos seus artigos 87 e 94:

- As pressões de serviço nos dispositivos de utilização devem situar-se entre 50 kPa e 600 kPa;
- As velocidades devem situar-se entre 0,5 m/s e 2,0 m/s;
- No artigo 92.º é determinado que os valores da pressão máxima e mínima da rede pública, para efeitos de cálculo das redes prediais, entre as quais, as redes prediais de incêndio, devem ser fornecidos pela entidade gestora.

O RGSPPDADAR [97] faz as seguintes prescrições acerca os ramais de alimentação das redes prediais no seu artigo 35:

- O diâmetro nominal mínimo dos ramais de alimentação é de 20mm;
- O diâmetro nominal mínimo dos ramais de alimentação passa a ser de 45mm, quando tenha que ser assegurado o serviço de combate a incêndios e quando não exista reservatório de regularização.

Salientam-se ainda, as seguintes regras gerais relativas a higiene e saúde pública, a ser tidas também em conta na conceção da rede de incêndio:

- No artigo 82 é determinado que os sistemas prediais alimentados pela rede pública devem ser separados de qualquer sistema de distribuição de água com outra origem, nomeadamente, poços ou furos privados;
- No artigo 86 é determinado que pode ser autorizado pela entidade gestora a utilização de água não potável, para combate de incêndios e outros fins, desde que fiquem salvaguardadas as condições de saúde pública e que os respetivos dispositivos de utilização sejam sinalizados.

Quanto às prescrições do artigo 96, referentes à instalação da tubagem, destacam-se o facto de as canalizações não deverem ficar:

- Sob elementos de fundação;
- Embutidas em elementos estruturais;
- Embutidas em pavimentos, exceto quando flexíveis e embainhadas;
- Em locais de difícil acesso;
- Em espaços pertencentes a chaminés e a sistemas de ventilação.

Referem-se também as seguintes prescrições relativas aos materiais da tubagem a utilizar nas redes interiores de incêndio:

- No artigo 84 é determinado que as tubagens instaladas à vista ou visitáveis devem ser identificadas consoante a natureza da água transportada e de acordo com as normas em vigor;
- No artigo 99 é determinado que as tubagens e acessórios nas redes prediais interiores de combate a incêndio podem ser, entre outros, de cobre, aço inoxidável ou aço galvanizado (proibindo materiais como o PVC rígido nas redes de incêndio interiores).

C.3.4. REQUISITOS DO RMAADAR - AVEIRO

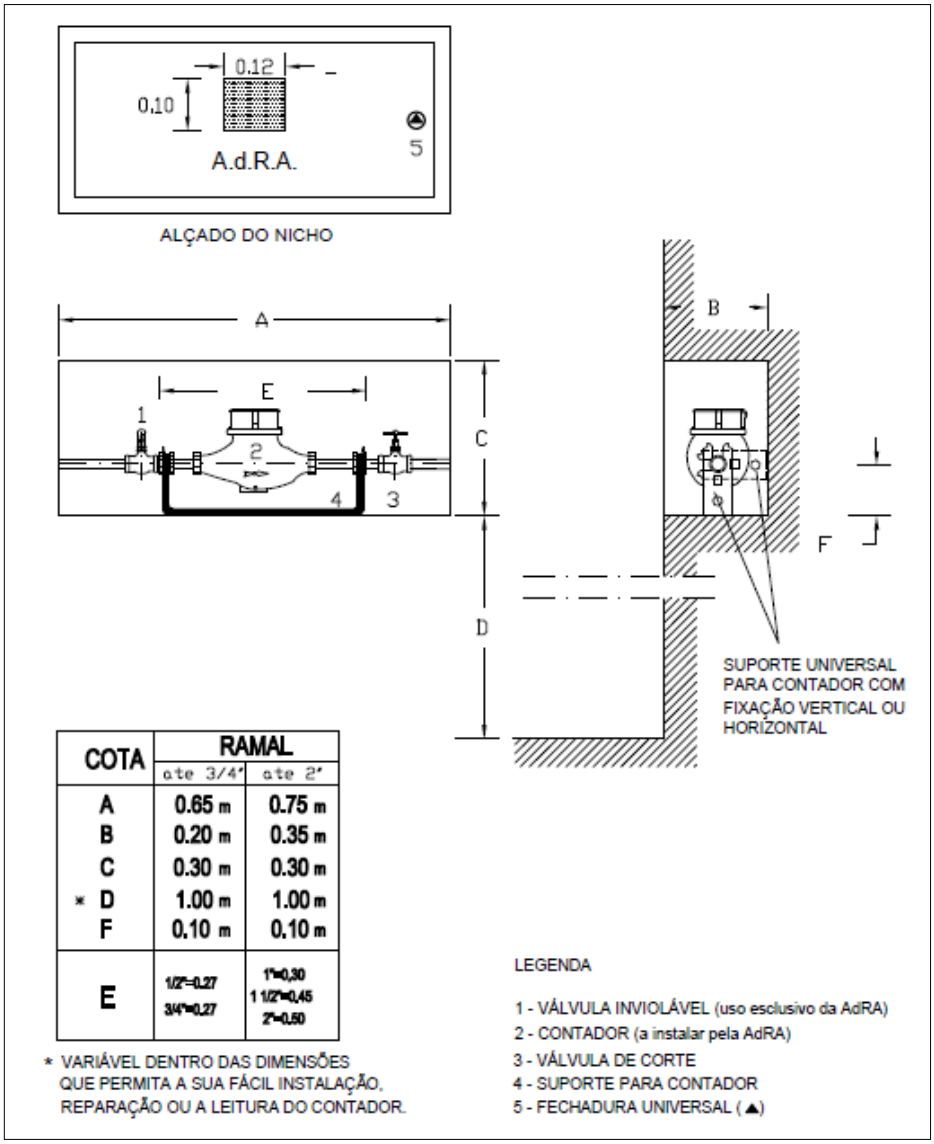
O RMAADAR - AVEIRO [80] faz as seguintes especificações sobre o diâmetro dos ramais de ligação para redes prediais de incêndio, no seu artigo 37:

- O diâmetro nominal mínimo no abastecimento a reservatórios de regularização é de 25 mm;
- O diâmetro nominal mínimo de um ramal de ligação, que tenha de assegurar em simultâneo o abastecimento de água para o consumo humano e para o combate a incêndio, onde não exista reservatório de regularização, é de 45mm.

O RMAADAR – AVEIRO [80] faz as seguintes especificações sobre a instalação dos contadores, para serviço de combate a incêndio, no seu artigo 108:

- Quando um contador servir simultaneamente uma rede predial para consumo humano e para combate a incêndios, deve ser instalada uma derivação a jusante do contador, se tal for determinado pelo cálculo hidráulico de abastecimento à rede de incêndio, na qual deve existir uma válvula de corte;

- O espaço destinado aos contadores e seus acessórios deve estar de acordo com o anexo VII do RMAADAR – AVEIRO [80], nomeadamente, conforme representado na Figura 5.1.



COTA	RAMAL até 3/4'	RAMAL até 2'
A	0.65 m	0.75 m
B	0.20 m	0.35 m
C	0.30 m	0.30 m
* D	1.00 m	1.00 m
F	0.10 m	0.10 m
E	1/2"=0,27 3/4"=0,27	1"=0,30 1 1/2"=0,45 2"=0,50

Figura 5.1 – Pormenor de instalação de contador do RMAADAR - AVEIRO [80].

O RMAADAR - AVEIRO [80] faz as seguintes especificações sobre a localização dos contadores, no seu artigo 109:

- Nos edifícios confinantes com a via ou espaços públicos, os contadores devem localizar-se em zonas de entrada ou zonas comuns, consoante se trate de um ou de vários consumidores, ficando, no entanto, sujeita a autorização prévia da entidade gestora Adra;
- Nos edifícios com logradouros privados, os contadores devem localizar-se:
  - No logradouro junto à zona de entrada contígua com a via pública e, com acesso a partir desta, no caso de um só consumidor;
  - Em zonas comuns ou no logradouro, junto à entrada contígua com a via pública e, com acesso a partir desta, no caso de vários consumidores;
  - Em espaços comuns, com acesso por parte da entidade gestora Adra, no caso de existir telemetria.

C.3.5. REQUISITOS DA NP EN 671-1

A norma NP EN 671-1 [84] estabelece as exigências e métodos de ensaio de fabrico e de rendimento para as bocas de incêndio equipadas com mangueiras semirrígidas, geralmente denominadas por bocas de incêndio armadas tipo carretel, adiante designadas por BIATC.

Para efeitos do dimensionamento hidráulico de redes fixas de 1ª intervenção, importa destacar desta norma, a característica K das BIATC, denominado por coeficiente de descarga, que estabelece a relação entre o caudal debitado por uma determinada boca de incêndio e a pressão necessária para que tal aconteça, relação esta traduzida pela seguinte expressão:

$$Q = K\sqrt{10P} \tag{5.1}$$

onde:
Q — é o caudal em L/min;
K — é o coeficiente de descarga ($l.min^{-1}.Mpa^{-1/2}$);
P — é a pressão em MPa.

O coeficiente K depende das caraterísticas de cada modelo de BIATC, sendo este coeficiente enquadrado, em função do diâmetro interno da agulheta, nos valores do Quadro 5.4.

Quadro 5.4 – Caudal mínimo e coeficiente K mínimo em função da pressão.

Diâmetro do orifício da agulheta ou diâmetro equivalente (mm)	Caudal mínimo Q (L/min)			Coeficiente K
	P=0,2 Mpa	P=0,4 Mpa	P=0,6 Mpa	
4	12	18	22	9
5	18	26	31	13
6	24	34	41	17
7	31	44	53	22
8	39	56	68	28
9	46	66	80	33
10	59	84	102	42
12	90	128	156	64

Analisando o quadro anterior, verifica-se que os modelos de BIATC, com coeficientes de descarga coincidentes com os do quadro, não garantem os valores mínimos de caudal e de pressão exigidos pelo RT-SCIE [78], na boca de incêndio mais desfavorável.

Verifica-se que para uma BIATC com um coeficiente de descarga K64, debitar um caudal de 1,5 L/s (90 L/min), é necessária apenas uma pressão de 200 KPa, inferior à mínima exigida de 250 KPa, facto que altera o funcionamento hidráulico das redes, comparativamente às condicionantes de dimensionamento consideradas pelo RT-SCIE [78].

De acordo com Gomes [100], o projetista deve assim ponderar os seguintes três cenários de dimensionamento:

- Cenário 1 – Prescrever a utilização de BIATC com K 42, impondo o caudal mínimo de 90 L/min, que implicará uma pressão na BIATC mais desfavorável superior à mínima exigida pelo RT-SCIE [78], resultando em, $P = \left(\frac{90}{42}\right)^2 \times 10 = 0{,}45918\ MPa = 459{,}18\ KPa$;
- Cenário 2 – Prescrever a utilização de BIATC com um K 64, impondo a pressão mínima de 250 KPa exigida pelo RT-SCIE [78], que implica debitar um caudal superior ao mínimo de 90 L/min, resultando em, $Q = 64\sqrt{10 \times 0{,}250} = 101{,}19\ L/\min \approx 1{,}7\ L/s$;
- Cenário 3 – Prescrever a utilização de BIATC com um K tal, que garanta a descarga de água com o caudal exato de 90 L/ min, à pressão exata de 250 KPa, resultando em, $K = \frac{90}{\sqrt{10 \times 0{,}250}} = 56{,}92 \approx 57$.

C.3.6. REQUISITOS DA NP EN 671-2

A norma NP EN 671-2 [99] estabelece as exigências e métodos de ensaio de fabrico e de rendimento para as bocas de incêndio equipadas com mangueiras flexíveis, geralmente denominadas por bocas de incêndio armadas tipo teatro, adiante designadas por BIATT.

Para efeitos do dimensionamento hidráulico de redes fixas de 2ª intervenção, importa destacar desta norma, a característica K das BIATT, denominado por coeficiente de descarga, que estabelece a relação entre o caudal debitado por uma determinada boca de incêndio e a pressão necessária para que tal aconteça, relação esta também traduzida pela expressão (5.1), já atrás apresentada para as BIATC.

O coeficiente K depende das caraterísticas de cada modelo de BIATT, sendo este coeficiente enquadrado, em função do diâmetro interno da agulheta, nos valores do Quadro 5.5.

Quadro 5.5 – Caudal mínimo e coeficiente K mínimo em função da pressão.

Diâmetro do orifício da agulheta ou diâmetro equivalente (mm)	Caudal mínimo Q (L/min)			Coeficiente K
	P=0,2 Mpa	P=0,4 Mpa	P=0,6 Mpa	
9	66	92	112	46
10	78	110	135	55
11	93	131	162	68
12	100	140	171	72
13	120	170	208	85

Analisando o quadro anterior, verifica-se que nenhum dos modelos de BIATT, dentro dos coeficientes de descarga tabelados, garante os valores mínimos de caudal e de pressão exigidos pelo RT-SCIE [78], na boca de incêndio mais desfavorável.

O mais aproximado é o modelo de BIATT com K de 85 que, para debitar 208 L/min (inferior ao caudal mínimo de 240 l/s, exigido pelo RT-SCIE [78]), necessita de uma pressão de 600 KPa (superior à pressão mínima de 350 KPa exigida pelo RT-SCIE [78]).

De acordo com Gomes [101], o projetista deve assim ponderar os seguintes dois cenários de dimensionamento:

- Cenário 1 – Prescrever a utilização de BIATT com K 85, impondo o caudal mínimo de 240 L/min, que implicará uma pressão na BIATC mais desfavorável superior à mínima exigida pelo RT-SCIE [78], resultando em, $P = \left(\frac{240}{85}\right) \times 10 = 0{,}79723\ MPa \approx 800\ KPa$;
- Cenário 2 – Prescrever a utilização de BIATT com um K tal, que garanta a descarga de água com o caudal exato de 240 L/ min, à pressão exata de 350 KPa, resultando em, $K = \frac{240}{\sqrt{10 \times 0{,}350}} \approx 128$.

Sendo que o RT-SCIE [78] exige os valores mínimos de caudal e pressão às BIATT no seu artigo 171.º e, em simultâneo, exige também no artigo 8.º do seu anexo 1, que as mesmas BIATT estejam em conformidade com a norma NP EN 671-1, Gomes [101] assinala aqui a existência de um "grande desfasamento" entre os requisitos regulamentares nacionais e os previstos na norma europeia, que "urge urgentemente harmonizar".

C.3.7. REQUISITOS DA NT 13 – REDES SECAS

A NT 13 [102] define requisitos e especificações para a instalação de redes fixas para extinção manual.

Esta nota técnica veio colmatar a ausência de normas Portuguesas acerca redes fixas para extinção manual de incêndio, tomando como referência de base para dimensionamento, as normas EN 12845, NFPA 14 e NFPA 24, segundo Gomes [103].

A NT 13 [102] faz as seguintes especificações sobre dimensionamento de redes secas nos seus pontos 2.2, 2.6 e 2.7:

- O dimensionamento das redes secas deve ser justificado pelo projetista através de cálculo hidráulico sempre que se verifique uma das seguintes situações:
  - O comprimento do ramal de ligação seja superior a 14m;
  - A ligação das bocas de incêndio seja efetuada em troços horizontais de tubagem e não diretamente à coluna;
  - A altura do edifício seja superior a 28m;
- Os diâmetros nominais das colunas secas deverão ser:
  - DN 80 para colunas secas descendentes;
  - DN 80 para edifícios da 1ª ou 2ª categorias de risco;
  - DN 100 para edifícios da 3ª e 4ª categorias de risco;
- As perdas globais máximas, entre a boca de alimentação e a boca de incêndio mais desfavorável, em função do diâmetro nominal da coluna seca e para os caudais referidos, devem respeitar o Quadro 5.6.
- A velocidade máxima na tubagem deve ser de 10m/s.

Quadro 5.6 – Perdas de carga globais máximas em redes secas. Fonte: [102].

Diâmetro	Caudal	Perda de carga global
DN 80	50 m^3/h	850 kPa
DN 100	100 m^3/h	700 Kpa

A NT 13 [102] faz as seguintes especificações sobre as colunas das redes secas no seu ponto 2.2:

- O traçado das colunas secas deve ser, sempre que possível, retilíneo e vertical;
- As colunas secas devem possuir saídas apenas para as bocas de incêndio de 2ª intervenção e terminar num troço vertical fechado, acima da boca de incêndio mais elevada, com um comprimento de 1,5m;
- As colunas secas descendentes devem possuir uma válvula de purga de água no seu ponto de cota mais baixa.

A NT 13 [102] faz as seguintes especificações sobre ramais de ligação de redes secas no seu ponto 2.3:

- Não sendo possível o acoplamento direto das bocas de alimentação à coluna seca, existirá um ramal de ligação horizontal, com o traçado mais retilíneo e curto possível, sendo que a junção entre o ramal de ligação e a coluna deve ser protegida dos esforços horizontais devidos à entrada da água na tubagem;
- O cotovelo de ligação à coluna seca deve ter um raio de curvatura mínimo de 15 cm para DN 80 e de 20 cm para DN 100;
- Os troços horizontais, correspondentes aos ramais de ligação, podem ser instalados à face ou embebidos, não podendo atravessar locais de risco C;
- No caso de ramais de ligação horizontais que sirvam colunas secas deverá haver os seguintes cuidados:
    - Quando sirvam colunas montantes, deve ser instalado um dispositivo de purga de água no seu ponto mais baixo e um dispositivo de purga de ar no seu ponto mais alto;
    - Quando sirvam colunas descendentes, deve ser instalado um dispositivo de purga de ar no seu ponto mais alto.

A NT 13 [102] faz as seguintes especificações sobre bocas de alimentação de redes secas no seu ponto 2.4:

- As bocas de alimentação de colunas secas montantes e descendentes, na mesma prumada, devem ser obrigatoriamente independentes, tal como as colunas secas em questão;
- As bocas de alimentação de cada coluna seca devem ser duplas (siamesas), terem junções de aperto rápido, do tipo STORZ DN 75 e serem munidas de bujão preso às bocas por correntes;
- As bocas de alimentação devem localizar-se na fachada, junto à faixa de operação na via pública, se existir e devem ser instaladas a uma altura compreendida entre 0,80m e 1,20m, contada do seu eixo à cota do pavimento;
- As bocas de alimentação devem ser concebidas de forma a ser possível orientar as entradas de água para o pavimento, de modo que o plano da seção da entrada de água faça e o plano da seção da entrada na coluna (ou no ramal de alimentação), façam um ângulo de 33º entre si;
- As bocas de alimentação devem possuir válvulas antirretorno;
- As bocas de alimentação devem ser albergadas em armários ou nichos de proteção, com dimensões mínimas de 0,80 m x 0,80 m, de forma a que o eixo da boca fique a uma altura mínima de 0,50 m da parte inferior do armário;
- O armário ou nicho deve possuir porta devidamente sinalizada no exterior com a frase "SI – REDE SECA" e sinalizada no interior com a frase "MONTANTE" ou "DESCENDENTE", consoante o caso.

A NT 13 [102] faz as seguintes especificações sobre bocas de incêndio de redes secas no seu ponto 2.5:

- As bocas de incêndio devem localizar-se, por ordem decrescente de prioridade:
    - Na caixa de escada, quando esta for protegida;

  - Dentro de câmaras corta-fogo, se estas existirem;
  - Noutros locais, considerando o princípio de o ataque a um incêndio se fazer sempre a partir de um local protegido;

- As bocas de incêndio devem ser instaladas a uma altura compreendida entre 0,80 m e 1,20 m, medida entre o seu eixo e a cota do pavimento, admitindo-se a sua instalação à vista, dentro de nichos ou de armários, devidamente sinalizados, com a frase "SI – REDE SECA", devendo a boca ficar posicionada de forma ao seu eixo ficar a uma altura mínima de 0,50 m da parte inferior dos armários ou nichos;
- As bocas de incêndio, para combate direto aos incêndios, devem ser duplas, com junções do tipo STORZ DN 52;
- As bocas de incêndio devem possuir uma válvula de passagem, com manobra por volante, que deve indicar de forma indelével o sentido de abertura e de fecho;
- As bocas de incêndio devem também possuir tampões ligados às bocas por correntes, sendo que este tamponamento deve garantir a estanqueidade total das bocas tamponadas, quando submetidas à pressão de teste;
- O corpo das bocas de incêndio deverá ser fabricado em material resistente a solicitações mecânicas e a ambientes corrosivos.

C.3.8. REQUISITOS DA NT 13 – REDES HÚMIDAS

A NT 13 [102] faz as seguintes especificações sobre a alimentação alternativa de redes húmidas no seu ponto 3:

- A alimentação alternativa deverá conter um ramal seco, para abastecimento através dos veículos dos bombeiros, de diâmetro adequado, ligado diretamente ao tubo coletor de compressão das bombas, sendo necessário para isso, instalar válvulas antirretorno nos coletores de compressão de cada grupo;
- A boca de alimentação alternativa deverá ser dupla (siamesa), com junções de aperto rápido tipo STORZ DN 75, munidas de um bujão em cada boca e, dotada de válvula antirretorno;
- As bocas de alimentação devem localizar-se na fachada, junto à faixa de operação na via pública, se existir e devem ser instaladas a uma altura compreendida entre 0,80m e 1,20m, contada do seu eixo à cota do pavimento;
- A boca de alimentação deve ser albergada num armário próprio, sinalizado no exterior com a frase "SI – REDE HÚMIDA" e sinalizada no interior com a frase "BOCA SECA".

C.3.9. REQUISITOS DA NT 13 – DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS

A NT 13 [102] faz as seguintes prescrições, relativamente às tubagens e respetivos acessórios das instalações fixas de combate manual:

- As tubagens devem ser em ferro com costura, da série média, fabricados segundo a norma DIN 2440, para diâmetros até 100 mm e a norma DIN 2448, para diâmetros superiores a 100 mm;
- Os acessórios devem ser do mesmo material, nomeadamente, ferro fundido dúctil, sendo as uniões realizadas através de juntas ranhuradas ou roscadas, para diâmetros ate 100 mm e através de juntas flangeadas, para diâmetros superiores a 100 mm, sempre que a rede seja alimentada por reservatório e grupo de bombagem próprio;

- As tubagens e acessórios à vista, devem levar tratamento composto por galvanização a quente, pintura com duas demãos de primário anticorrosivo com espessura total média de 100 μm e acabamento com uma demão de borracha cloretada com uma espessura média de 60 μm, à cor RAL 3000;
- As tubagens e acessórios enterrados, devem levar um tratamento composto por galvanização a frio exterior e ser envolvida por fita betuminosa de proteção mecânica e anticorrosiva do tipo denso, aplicada em espiral.

C.5. RESERVATÓRIOS DE FORNECIMENTO DE ÁGUA

C.4.1. REQUISITOS DO RT-SCIE

O RT-SCIE [78] faz, no seu artigo 171, as seguintes prescrições acerca o depósito privativo do serviço de incêndios (RASI):

- O RASI pode ser elevado ou enterrado;
- Deve obedecer ao disposto no RGSPPDADAR [97];
- A capacidade do depósito deve ser calculada com base no caudal máximo exigível para a operação simultânea dos sistemas de extinção manuais e automáticos, durante o período de tempo adequado à categoria de risco da utilização-tipo, em conformidade com as normas Portuguesas ou, na sua falta, de acordo com especificação técnica publicada por despacho do Presidente da ANPC.

C.4.2. REQUISITOS DO RGSPPDADAR

O RGSPPDADAR [97] define no seu artigo 108, que compete à entidade gestora, a definição das caraterísticas construtivas, os requisitos de dimensionamento e a localização dos reservatórios de alimentação das redes prediais de água.

C.4.3. REQUISITOS DO RMAADAR - AVEIRO

O RMAADAR - AVEIRO [80] faz as seguintes especificações aplicáveis a reservatórios de água para serviço de incêndio, no seu artigo 110:

- O dimensionamento do RASI é condicionado às exigências do Serviço Nacional de Bombeiros (que corresponde atualmente à Autoridade Nacional de Proteção Civil), consoante a ocupação de risco do edifício ou a distância ao quartel de bombeiros, garantindo um volume mínimo que permita o fornecimento de água durante 30 minutos;
- O mesmo reservatório pode servir para armazenamento de água potável, destinada à rede predial de distribuição e para o serviço de incêndio, apenas quando o volume necessário para combate a incêndio não ultrapassa 20% do volume necessário de água para o consumo humano;
- Os reservatórios apenas destinados a armazenar água não potável, como pode acontecer nos RASI, devem ser alvo de operações de limpeza e desinfeção periódicas;
- Os reservatórios devem ser localizados em zonas que permitam uma fácil inspeção, bem como a execução de trabalhos de manutenção ou reparação interior ou exterior;
- Os reservatórios podem ser de betão, alvenaria de tijolo ou de blocos de cimento, ou outros materiais que reúnam condições adequadas, sujeitos à autorização da entidade gestora;

- Os paramentos verticais do RASI deverão ter um afastamento mínimo de 0,50m a qualquer outra parede;
- A placa da cobertura deverá ter um afastamento mínimo de 1,50m a qualquer outra laje, quando o acesso ao RASI seja efetuado superiormente e de 0,40m, quando o acesso ao RASI seja efetuado lateralmente e desde que a tampa garanta total vedação do interior do reservatório, seja facilmente amovível e possua inclinação inferior a 10%;
- Os reservatórios devem ser impermeáveis e possuir dispositivos de fecho estanques e resistentes;
- As paredes, fundo e cobertura dos reservatórios não devem ser comuns aos elementos estruturais do edifício;
- As arestas interiores devem ser boleadas e o fundo deve ter uma inclinação mínima de 1%, orientada para uma caixa de limpeza de fundo, com o fim de facilitar o esvaziamento;
- As superfícies interiores dos reservatórios devem ter revestimentos que promovam uma limpeza adequada, a conservação dos elementos resistentes e a manutenção da qualidade da água;
- Deve ser garantida uma adequada ventilação do compartimento onde estiver instalado o reservatório, que garanta uma renovação frequente do ar em contacto com a água armazenada, constituído por elementos de material não corrosivo, com as aberturas protegidas com rede de malha fina;
- A entrada e a saída da água devem ser localizadas em pontos que promovam a circulação da maior quantidade de massa de água armazenada;
- Os reservatórios devem ser sub-compartimentados em células, com intercomunicação de água entre si, da seguinte forma:
    - 2 células para volumes entre 2 m^3 e 20 m^3;
    - 3 células para volumes entre 41 m^3 e 60 m^3;
    - Sujeitos a análise da entidade gestora para volumes superiores;
- Cada célula dos reservatórios deve possuir:
    - Entrada de água localizada a uma altura mínima de 0,50 m do nível máximo de água, equipada com válvula de funcionamento automático;
    - Saídas para a distribuição, a uma altura mínima de 0,15 m do fundo, protegidas com ralo;
    - Descarregador de superfície, dimensionado para um caudal não inferior ao caudal máximo de alimentação do RASI, devendo ser colocado a um nível que impeça o contacto da água armazenada com a entrada de água e possuir conduta de descarga de queda livre, protegida por rede de malha fina;
    - Descarga de fundo com válvula adequada, devendo estar associada a uma caixa de limpeza, para volumes superiores a 2 m^3;
    - Possuir aviso sonoro/ luminoso, de perda de água pela descarga de superfície ou de fundo, colocado em zona comum e facilmente visível pelos utentes do edifício.

C.4.4. REQUISITOS DA NT 14

A NT 14 [104] define, entre outros, as caraterísticas construtivas gerais para os reservatórios privativos do serviço de incêndio (RASI), bem como os requisitos mínimos para dimensionamento dos volumes

de armazenamento de água, tendo sido vertida na lei, através do despacho n.º 13042/2013 de 14 de outubro [85], retificado pela declaração de retificação n.º 1176/2013 de 6 de novembro [104].

De acordo com a NT 14 [104], uma fonte abastecedora de água destinada a combate a incêndios de edifícios, para ser considerada como tal, deve garantir de forma contínua:

- A alimentação de água durante um determinado tempo, em função do risco;
- O caudal e a pressão adequados ao sistema, considerando o número e as características dos dispositivos passíveis de utilização simultânea;
- O funcionamento automático do sistema;
- O fluxo da água pelos sistemas de extinção, sem partículas em suspensão;
- O controlo da instalação de extinção pelo proprietário;
- O alerta automático de falta de caudal ou pressão.

A NT 14 [104] preconiza que as condições de caudal e pressão a fornecer aos sistemas de extinção por água devam ser conseguidas, em regra geral, através da utilização de reservatórios privativos para serviço de incêndio, associados a grupos hidropressores.

Quanto ao tipo, os reservatórios podem ser, elevados, de superfície, enterrados ou semienterrados, podendo funcionar por gravidade, serem eles próprios pressurizados ou estarem associados a um grupo hidropressor.

Quanto aos materiais utilizados na construção dos reservatórios, estes devem ser escolhidos de forma a garantir estabilidade e resistência às solicitações regulamentares, sendo que os mais vulgarmente utilizados são os de betão e os metálicos.

A NT 14 [104] admite, excecionalmente, que a rede pública possa ser utilizada como fonte abastecedora, apenas para alimentação de redes de incêndio de 1ª intervenção destinadas a edifícios da 1ª e 2ª categoria de risco, onde a rede pública apresente condições adequadas de caudal e pressão.

A NT 14 [104] admite que os valores de caudal e pressão necessários para o bom funcionamento das redes armadas tipo carretel, possam ser alcançados, quer através de ligação direta à rede pública, quer através da intercalação de um reservatório de pressurização.

A NT 14 [104] faz as seguintes especificações sobre caraterísticas construtivas gerais aplicáveis a reservatórios em betão, no seu ponto 4:

- Devem ser resistentes, garantirem estanqueidade e possuírem uma inclinação mínima de 1% no fundo, no sentido do escoamento;
- Se forem enterrados, devem ser bi-compartimentados, com tubagem de aspiração dotadas de válvulas de seccionamento, de forma a garantir comunicação entre as duas células e a câmara de aspiração, possibilitando o esvaziamento de qualquer das células, mantendo uma delas sempre em funcionamento;
- A tubagem de aspiração deve possuir placa anti vórtice;
- Deve possuir circuito de distribuição com a entrada protegida por ralo e equipado com válvula de seccionamento em cada célula;
- Cada célula deve possuir circuito de esvaziamento e limpeza, através de descarga de fundo, descarregador de superfície de emergência, bem como acessibilidade ao seu interior, através de tampa estanque com dimensões mínimas de 0,80m x 0,80m e ventilação adequada;
- O descarregador de superfície emergência, também conhecido por tubo ladrão, deve ser realizado em tubo de ferro galvanizado com um diâmetro mínimo de 2";

- A ventilação dos RASI deve ser realizada com tubo de ferro galvanizado, com um diâmetro mínimo de 2", terminando em pescoço de cavalo na extremidade superior e com proteção em rede de malha fina;
- Cada célula deve possuir circuito de alimentação com válvula de seccionamento e boca de alimentação;
- Se o RASI não for compartimentado, o circuito de alimentação deve possuir um by-pass, de forma a garantir a continuidade de alimentação de água, durante as operações de limpeza;
- A boca de alimentação de cada célula deve ficar instalada a uma cota superior ao nível máximo da água do reservatório, para assim evitar a eventual contaminação da água da rede;
- A boca de alimentação de cada célula deve permitir o enchimento automático, do tipo válvula de boia, ou outro de reconhecida qualidade;
- Os indicadores de nível, máximo e mínimo, devem possuir proteção contra a corrosão e permitir a transmissão do alarme à distância para o posto de segurança, quando este existir;
- O RASI deve ser alimentado a partir da rede pública, com ligação dotada de contador, devendo a tubagem adutora garantir um tempo de reposição do seu nível máximo ser inferior a 36 horas.

A NT 14 [104] faz as seguintes especificações sobre dimensionamento dos RASI nos seus pontos 3 e 6:

- A capacidade do RASI (bem como a potência do GBSI) deve ser calculada considerando a operação simultânea dos sistemas de extinção manuais e automáticos;
- O cálculo da capacidade dos RASI é determinado da seguinte forma:

$$C = (Q1 + Q2 + QH + QC + QS) \times T \quad (5.2)$$

onde:
C — é a capacidade do depósito em L;
Q1 — é o caudal de alimentação das redes de 1ª intervenção em L/min;
Q2 — é o caudal de alimentação das redes de 2ª intervenção em L/min;
QH — é o caudal de alimentação dos hidrantes privativos em L/min;
QC — é o caudal de alimentação das redes de extinção automática, tipo cortina de água, em L/min;
QS — é o caudal de alimentação das redes de extinção automática, tipo sprinkler, em L/min;
T — é o tempo de autonomia do sistema, em minutos.

O tempo de autonomia exigido aos sistemas de extinção, depende da categoria de risco de cada edifício, conforme o Quadro 5.7.

Quadro 5.7 – Tempo de autonomia dos sistemas de extinção.

Categoria de risco	Tempo de autonomia (min)
1ª e 2ª (sistemas tipo dilúvio)	30
1ª e 2ª	60
1ª e 2ª (sistemas tipo sprinklers)	90
3ª	90
4ª	120

Os caudais de alimentação mínimos regulamentares a assegurar para as diversas redes de combate a incêndios são determinados da seguinte forma:

$$Q1\ (\mathrm{L/min}) = n1 \times 1{,}5\ \mathrm{L/s} \times 60\ \mathrm{s} \quad (5.3)$$

onde:
n1 — é o número de carretéis a alimentar nas redes de 1ª intervenção (considerando metade dos carretéis em funcionamento simultâneo e o máximo de quatro);

$$Q2\ (\mathrm{L/min}) = n2 \times 4\ \mathrm{L/s} \times 60\ \mathrm{s} \quad (5.4)$$

onde:
n2 — é o número de bocas de incêndio a alimentar nas redes de 2ª intervenção (considerando metade dos carretéis em funcionamento simultâneo e o máximo de quatro);

$$QH\ (\mathrm{L/min}) = nH \times 20\ \mathrm{L/s} \times 60\ \mathrm{s} \quad (5.5)$$

onde:
nH — é o número de hidrantes a alimentar nas redes de hidrantes (considerando o máximo de dois hidrantes em funcionamento simultâneo);

$$QC\ (\mathrm{L/min}) = A_C \times 10\ \mathrm{L/min.m^2} \quad (5.6)$$

onde:
A_C — é o somatório das áreas, em m^2, dos vãos a irrigar pelas cortinas de água (considerando apenas os vãos do compartimento de fogo mais gravoso);

$$QS\ (\mathrm{L/min}) = q_s \times A_s \quad (5.7)$$

onde:
q_S — é a densidade de descarga do sistema de sprinklers, em L/min.m^2;
A_S — é área de operação dos sprinklers, em m^2.

A densidade de descarga e a área de operação dos sprinklers, variam consoante a utilização do local de risco a proteger, conforme o Quadro 5.8.

Quadro 5.8 – Densidade de descarga e área de operação de sprinklers consoante local de risco.

Utilizações-tipo	qs (L/min.m^2)	As (m^2)
II	5	144
III, VI, VII, VIII	5	216
XII	10	260

A NT 14 [104] faz ainda especificações sobre outros meios de fornecimento de água alternativos aos RASI nos seus pontos 3 e 6, nomeadamente sobre, reservatórios pressurizados e mananciais inesgotáveis. No entanto, a utilização destes meios fica restrita a casos muito específicos, que não são do âmbito deste trabalho.

C.6. CENTRAIS DE BOMBAGEM PARA SERVIÇO DE INCÊNDIO

C.5.1. REQUISITOS DO RT-SCIE

O RT-SCIE [78] faz, no seu artigo 171, as seguintes prescrições acerca as CBSI:

- A potência do grupo sobrepressor deve ser calculada com base no caudal máximo exigível para a operação simultânea dos sistemas de extinção manuais e automáticos, durante o período de tempo adequado à categoria de risco da utilização-tipo, em conformidade com as normas Portuguesas ou, na sua falta, de acordo com especificação técnica publicada por despacho do Presidente da ANPC;
- Os locais onde são instaladas as centrais de bombagem são considerados locais de risco F.

C.5.2. REQUISITOS DO RGSPPDADAR

O RGSPPDADAR [97] não preconiza requisitos específicos relativamente às centrais de bombagem para serviço de incêndio.

C.5.3. REQUISITOS DO RMAADAR - AVEIRO

O RMAADAR - AVEIRO [80] apenas especifica no seu artigo 111, que as CBSI devem ser localizadas junto aos reservatórios e obedecerem às condições impostas no mesmo regulamento aos RASI, designadamente, devem ser instaladas em locais que permitam a inspeção, manutenção ou reparação, bem como deve ser garantida uma adequada ventilação do compartimento onde ficarem instaladas.

C.5.4. REQUISITOS DA NT 15 E DA EN 12845

A NT 15 [105] veio colmatar a ausência de normas Portuguesas acerca centrais de bombagem para o serviço de incêndio, definindo os requisitos e especificações que devem ser observados na sua instalação.

A NT 15 [105] toma como referência de base a norma EN 12845 [16], em particular, o capítulo 10 desta norma.

Nestes documentos normativos são apresentadas diversas prescrições sobre as CBSI, tais como, regras de dimensionamento, bem como regras para a conceção e construção das instalações de bombagem para serviço de incêndio.

C.5.5. REQUISITOS DA NT 15 E DA EN 12845 - CARATERÍSTICAS GERAIS DOS SISTEMAS

É imposto pela NT 15 [105] que os equipamentos das CBSI deverão ser construídos e instalados em conformidade com a EN 12845 [16].

As bombas principais e de reserva podem ser de acionamento elétrico, diesel ou uma combinação de ambos, de acordo com as seguintes formas:

- 2 bombas elétricas, alimentadas pela rede elétrica pública e por uma fonte central alternativa de energia (do tipo grupo eletrogéneo, vulgarmente conhecidos por geradores de energia e com alimentações de energia independentes);
- 1 bomba principal elétrica (alimentada pela rede elétrica pública) e 1 motobomba de reserva (alimentada pela rede elétrica pública e por depósito de combustível);
- 2 motobombas principais (alimentadas pela rede elétrica pública e por depósito de combustível individual para cada bomba).

O arranque das bombas principais é automático, através de quebra de pressão, mas a paragem é manual, pois uma instalação de combate de incêndio em funcionamento só deve ser desarmada, quando o incêndio é oficialmente dado como extinto.

C.5.6. REQUISITOS DA NT 15 E DA EN 12845 - CARATERÍSTICAS CONSTRUTIVAS E DE MONTAGEM

Como já foi referido, o RT-SCIE [78] classifica os compartimentos destinados à instalação de CBSI como locais de risco F, sendo assim compartimentos que devem ser protegidos e isolados, atendendo aos seguintes aspetos:

- Os compartimentos das CBSI devem ser exclusivamente utilizados para a proteção contra incêndio, admitindo-se, contudo, que possam albergar também as centrais de bombagem para outras instalações hidráulicas do edifício eventualmente necessárias;
- Se a CBSI alimentar um sistema automático de extinção por sprinklers, deve o compartimento ser protegido por esse mesmo sistema de sprinklers;
- O compartimento da CBSI deve garantir uma temperatura mínima de 4º C, quando é constituído por eletrobombas, ou, de 10º C, quando existirem motobombas;
- O compartimento deve possuir uma ventilação adequada, de acordo com as indicações do fabricante da CBSI;
- No caso de o compartimento ser enterrado, este deve possuir um sistema de drenagem de águas residuais provenientes da extinção do incêndio;
- As motobombas, tal como é exigido pelo RT-SCIE [78] aos grupos geradores acionados por motores de combustão, não podem ficar localizados a uma cota inferior à do piso imediatamente abaixo do plano de referência, nem a uma altura superior a 28m desse plano de referência.

Relativamente a válvulas e outros acessórios semelhantes necessários às CBSI, devem ser verificados os seguintes aspetos:

- Deve ser instalada uma válvula de seccionamento na tubagem de aspiração;
- Deve ser instalada uma válvula de retenção e uma válvula de seccionamento na tubagem de descarga;
- Deve ser instalada uma válvula de alívio no cone de descarga, entre a flange da bomba e a válvula antirretorno, de modo a evitar o sobreaquecimento da bomba, quando esta funciona com a válvula de descarga fechada, fenómeno este que acontece, por exemplo, após a utilização dos meios de extinção e enquanto as bombas não são paradas (uma vez que não é permitido existir dispositivos de paragem automática);
- Deve existir um tubo de descarga da válvula de alívio, independente para cada bomba principal, devendo estar visível, de modo a permitir verificar a temperatura da água;
- De forma a evitar acumulação de ar na tubagem, sempre que forem necessárias reduções na tubagem, deve-se ter em atenção o seguinte:
    - Na tubagem de aspiração, as reduções devem ser do tipo excêntrico, sendo a parte superior em plano horizontal e a parte inferior inclinada, com um ângulo não superior a 20º e um comprimento inferior a duas vezes o diâmetro da tubagem de aspiração;
    - Na tubagem de descarga, as reduções devem ser do tipo concêntrico, abrindo no sentido do fluxo, com um ângulo não superior a 20 º;
    - As válvulas não devem ser instaladas diretamente na flange da bomba, mas sempre no diâmetro superior do cone.

- Para que a instalação fique em condições de utilização, as válvulas devem ser seladas na posição de aberto.

Deve ser montado um circuito de teste, para realização dos testes periódicos às bombas, atendendo aos seguintes aspetos:

- O circuito de teste deve ser montado no coletor de descarga das bombas, entre as válvulas de retenção e a válvula de seccionamento;
- A descarga do circuito de teste deve ser feita para:
    - Um dreno apropriado para o efeito;
    - Um retorno à fonte abastecedora (num ponto do reservatório que não afete as condições de aspiração).
- O circuito deve conter um caudalímetro, para verificação da curva da bomba, permitindo a leitura de, pelo menos, 150% do valor do caudal nominal, devendo ser instalado entre duas válvulas de seccionamento a uma distância mínima conforme recomendações do fabricante;
- A válvula de seccionamento para controlo do fluxo, deve permitir a diminuição gradual do mesmo, sendo aconselhável a utilização de uma válvula de cunha com espigão.

Quanto à constituição das bombas principal e de reserva, o seu corpo deve ser construído:

- Em ferro fundido ou, pelo menos, com material equivalente;
- Em bronze, aço inoxidável de fundição ou, pelo menos, material equivalente, para os elementos que fiquem submetidos a desgaste e em contato com a água;
- De forma a que o acoplamento entre a bomba e o motor permita a desmontagem do conjunto rotórico, sem haver necessidade de desmontar o motor e a tubagem de aspiração e descarga.

São feitas prescrições específicas sobre os motores, quadros elétricos, pressostatos e outros componentes eletromecânicos que compõem as CBSI, no entanto, não serão tratados em pormenor neste trabalho, por não serem relevantes ao seu âmbito principal.

C.5.7. REQUISITOS DA NT 15 E DA EN 12845 - DIMENSIONAMENTO DAS BOMBAS PRINCIPAIS

Tal como acontece no dimensionamento dos reservatórios, as bombas devem ser dimensionadas para garantir as condições de pressão e caudal necessárias ao abastecimento simultâneo dos sistemas de extinção automáticos e manuais, onde o caudal máximo de cálculo Q é determinado da seguinte forma:

$$Q_n = Q_1 + Q_2 + Q_H + Q_C + Q_S \tag{5.8}$$

onde:
Q — é o caudal nominal, em L/min;
Q_1 — é o caudal de alimentação das redes de 1ª intervenção, em L/min, determinado de acordo com a expressão (5.3);
Q_2 — é o caudal de alimentação das redes de 2ª intervenção, em L/min, determinado de acordo com a expressão (5.4);
Q_H — é o caudal de alimentação dos hidrantes privativos, em L/min, determinado de acordo com a expressão (5.5);
Q_C — é o caudal de alimentação das redes de extinção automática, tipo cortina de água, em L/min, determinado de acordo com a expressão (5.6);
Q_S — é o caudal de alimentação das redes de extinção automática, tipo sprinkler, em L/min, determinado de acordo com a expressão (5.7).

O ponto de trabalho nominal, corresponde à consideração do caudal nominal, $Q_{n,}$ determinada de acordo com a expressão (5.8) e da altura manométrica, $H_{m,}$ determinada de acordo com a expressão (5.36), de onde se obtém a potência útil da bomba, P_u, através da expressão (5.38), resumidamente:

- $H_m = H_s + H_c$
- $Q_n = Q_1 + Q_2 + Q_H + Q_C + Q_S$
- $P_{bomba} = \frac{\gamma \times Qn \times H_m}{1000 \times \eta_B}$

No entanto, a EN 12845 [16] exige que a bomba, para além que ter de funcionar para o ponto de trabalho nominal, tem de ser capaz de debitar, no mínimo, 140% do valor do caudal nominal, a uma pressão não inferior a 70% da pressão nominal, situação esta que corresponde ao ponto de trabalho em sobrecarga, como se apresenta na Figura 5.2, resumidamente:

- $H = 0{,}70 \times H_m$
- $Q = 1{,}40 \times Q_n$
- $P_{bomba} = \frac{\gamma \times 1{,}40.Q_n \times 0{,}70.H_m}{1000 \times \eta_B}$

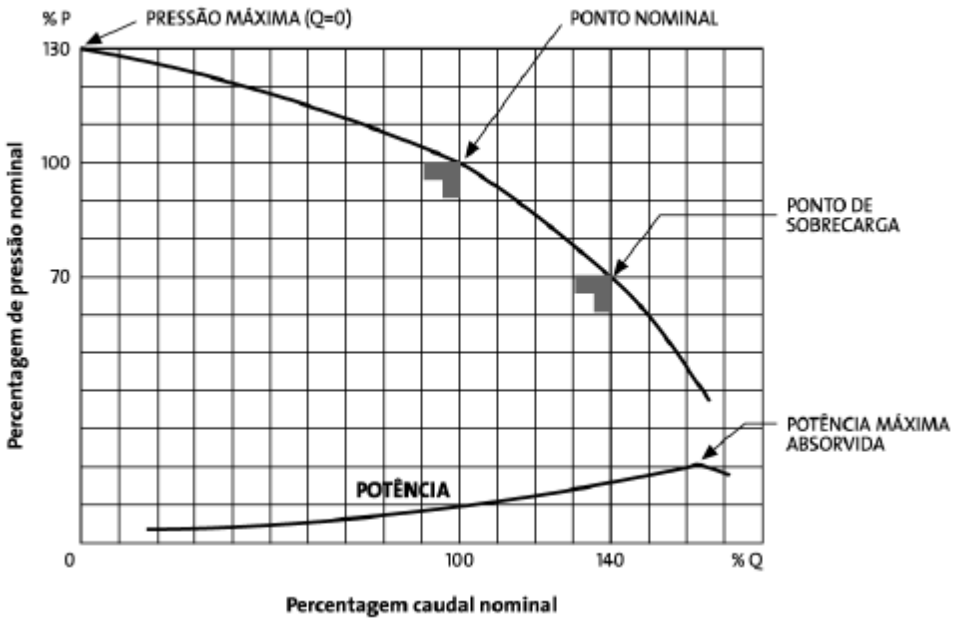


Figura 5.2 – Pontos de funcionamento de uma bomba de incêndio segundo a EN 12845 [10].

Sempre que exista mais do que uma bomba principal, as bombas devem poder funcionar em paralelo, em qualquer ponto de caudal e terem curvas caraterísticas compatíveis.

A bombas principais devem ter características semelhantes e funcionar em reserva ou ajuda, arrancando a segunda bomba em caso de falha ou de caudal insuficiente da primeira.

No caso de serem instaladas duas bombas principais, cada uma delas deve poder fornecer o caudal total de cálculo à pressão exigida.

No caso de serem instaladas três bombas principais, é admissível que cada bomba apenas forneça metade do caudal total à pressão exigida.

C.5.8. REQUISITOS DA NT 15 E DA EN 12845 - CIRCUITO DE ASPIRAÇÃO

Como regra geral, nas CBSI, devem ser instaladas bombas centrífugas horizontais a funcionar em carga, ou seja, em aspiração positiva.

Para que uma bomba se considere a funcionar em carga, têm de ser verificadas cumulativamente as seguintes condições:

- O eixo da bomba deve ficar a uma cota inferior a um determinado nível de água do reservatório, no mínimo, a uma altura correspondente a dois terços da altura efetiva do reservatório;
- O eixo da bomba deve ficar a uma altura máxima de dois metros do fundo do reservatório.

Quando não for possível atender-se a essa situação, é admissível o recurso a bombas verticais de coluna ou a bombas em aspiração negativa.

No caso de bombas em aspiração negativa, a tubagem de aspiração e os acessórios necessários nesse troço, devem ser dimensionados, de forma a garantir a seguinte condição, considerando o caudal máximo de cálculo e temperatura máxima da água (fixando 40ºC como máximo):

$$NPSH_{disp} > NPSH_{req} + 1\ mca \tag{5.9}$$

onde:
$NPSH_{disp}$ — é a carga mínima na boca de entrada da bomba para que não ocorra cavitação no seu interior;
$NPSH_{req}$ — é a carga disponibilizada pela instalação de aspiração na flange de entrada da bomba.

Em aspiração positiva, a tubagem de aspiração deve ser dimensionada, atendendo aos seguintes aspetos:

- Diâmetro mínimo de 65mm;
- Velocidade máxima de 1,8 m/s;
- Deve ser utilizada uma placa anti-vortex, devidamente dimensionada;
- É permitida a interligação de tubagens de aspiração de diversas bombas, mas apenas se forem colocadas válvulas de seccionamento, de forma a que cada uma das bombas possa trabalhar isoladamente quando necessário.

Em aspiração negativa, a tubagem de aspiração deve ser dimensionada, atendendo aos seguintes aspetos:

- Diâmetro mínimo de 80 mm;
- Velocidade máxima de 1,5 m/s;
- O diâmetro deve ser calculado de acordo com a seguinte fórmula:

$$d_i > 4{,}6 \times \sqrt{\frac{Q}{U}} \tag{5.10}$$

onde:
d_i — é o diâmetro interior, em mm;
Q – é o caudal de sobrecarga (1,4 x Q_n), em L/min;
U — é a velocidade, em m/s.

- Deve ser instalada uma válvula de retenção da água no tubo de aspiração, designada por válvula de pé;
- Existindo mais do que uma bomba, cada uma delas deverá ter um tubo de aspiração independente, não sendo permitido o recurso a coletores de aspiração nestes casos;
- A altura máxima entre o eixo da bomba e o nível mínimo da água no reservatório deve ser de 3,20m.

As bombas a trabalhar em aspiração negativa, devem possuir um sistema de ferragem automático, também conhecido por sistema de escorva, atendendo aos seguintes aspetos:

- O sistema de escorva deve ser ligado ao troço de descarga da bomba e ser independente para cada bomba, caso exista mais do que uma;
- O sistema de escorva deverá ser constituído por um depósito, localizado a uma cota superior à bomba, ligado em declive à descarga da bomba, num ponto imediatamente a montante da válvula de retenção desta, mantendo o sistema em carga permanente;
- A ligação deverá ser feita através de uma tubagem, com diâmetro mínimo de 50mm, dotada de uma válvula de corte e de uma válvula antirretorno;
- A capacidade mínima do depósito deverá ser de 500 L, podendo a sua reposição ser feita através da rede geral de abastecimento de água, ou, através do sistema de descarga da bomba;
- O nível mínimo para reposição do depósito deverá corresponder a 60% da sua capacidade total, devendo ser dotado de um sistema automático, que emita um alarme sonoro avisador de nível baixo e que faça arrancar a bomba jockey.

ANEXO D

CONCEITOS DE HIDRÁULICA UTILIZADOS NA FORMULAÇÃO

D.1. PROPRIEDADES DA ÁGUA

A água é um fluido pouco compressível, sendo que pode admitir-se que se comporta como um fluido incompressível no estado hidrostático, bem como no escoamento, a menos das situações onde seja necessário considerar o choque hidráulico.

A densidade da água doce, toma o valor máximo de 1000 kg/m^3 em superfície livre, à temperatura de 4ºC.

À medida que a temperatura aumenta, a matéria expande, logo a densidade diminui, no entanto, para a generalidade dos cálculos hidráulicos, é aceitável admitir um valor aproximado de 1000 Kg/m^3 para a densidade da água.

O peso específico da água toma o valor de 9810 N/m^3, ou seja, aproximadamente 1000 Kgf/m^3.

A viscosidade (μ), definida como sendo a resistência de um fluido à deformação, a uma dada temperatura, é um parâmetro importante a ter em conta.

Em hidráulica, geralmente é tida em conta a viscosidade, relativa à densidade do fluido, sendo designada por viscosidade cinemática.

A viscosidade diminui com a temperatura, no entanto, na maior parte dos cálculos de sistemas hidráulicos de combate a incêndios, assume-se que a água se encontra nas tubagens da rede pública de abastecimento de água, ou nos reservatórios privativos de água para o serviço de combate a incêndios, considerando-se uma viscosidade cinemática de 1,01x10^{-6} m^2/s, à temperatura de 20 ^{0}C.

Contudo, considera-se que em algumas situações, os reservatórios privativos de água para o serviço de combate a incêndios, poderão ter um isolamento térmico deficiente, devendo nesses casos ser avaliada e ponderada a utilização de valores inferiores para a viscosidade da água.

Quadro 5.9 – Valores de viscosidade cinemática da água a diferentes temperaturas [106].

Temperatura (^{0}C)	v (m^2/s)
4	1,57 x 10^{-6}
10	1,31 x 10^{-6}
20	1,01 x 10^{-6}
30	0,82 x 10^{-6}
40	0,66 x 10^{-6}
50	0,56 x 10^{-6}
60	0,47 x 10^{-6}
80	0,37 x 10^{-6}
100	0,29 x 10^{-6}

A tensão de saturação da água varia com a temperatura e é importante evitar zonas no escoamento onde a pressão desça até à tensão de saturação do vapor, facto que origina a ocorrência de cavitação.

Quadro 5.10 – Valores da tensão do vapor de água a diferentes temperaturas [106].

Temperatura (^{0}C)	TVA (m.c.a.)
0	0,062
4	0,083
10	0,125
20	0,239
30	0,433
40	0,753
50	1,258
60	2,033
80	4,831
100	10,333

Um líquido entra em ebulição, quando a pressão na superfície livre de um líquido desce até à respetiva tensão de saturação do vapor.

Pode-se verificar na leitura do quadro anterior, que a tensão de saturação do vapor da água, à temperatura de 100 ^{0}C, iguala a pressão atmosférica, correspondendo à sua temperatura de ebulição.

A tensão de saturação do vapor do ar tem influencia na capacidade de sucção das bombas de incêndio, com tubagem de pesca em aspiração negativa.

D.2. ESCOAMENTOS EM PRESSÃO

Nos sistemas de extinção de incêndio interessa sobretudo estudar os escoamentos em pressão que ocorrem dentro de canalizações, ocupando toda a secção do tubo, a uma pressão diferente da pressão atmosférica.

D.2.1. TIPOS DE ESCOAMENTOS E NÚMERO DE REYNOLDS

O número de Reynolds, desenvolvido para avaliar o comportamento de um líquido no seu escoamento ao longo de um tubo, através do valor de um parâmetro, função da velocidade, diâmetro do tubo e viscosidade cinemática, é dado por:

$$\mathrm{Re} = \frac{\mathrm{U} \times \mathrm{D}}{\nu} \tag{5.11}$$

onde:
Re — é o número de Reynolds (adimensional);
U — é a velocidade média do escoamento;
D – é o diâmetro interior da conduta;
v – é a viscosidade cinemática do fluído.

Note-se que para determinar o número de Reynolds, pode-se utilizar qualquer sistema de unidades, desde que estas sejam coerentes entre si.

O movimento de um determinado fluido num determinado tubo, pode ser classificado de laminar ou turbulento, avaliando no ábaco de Moody, em que limites de valores se enquadra o respetivo número de Reynolds, Paixão [107] considera os seguintes intervalos de valores:

- Re < 2000, o escoamento é laminar;
- 2000 < Re < 3000, o escamento faz-se numa zona de transição entre o escoamento laminar e o escoamento turbulento;
- Re > 3000, o escoamento faz-se em regime turbulento.

Note-se que nos sistemas hidráulicos em geral, o escoamento em tubagens sob pressão é geralmente turbulento, uma vez que a viscosidade da água a 20ºC é muito baixa.

Para comprovar este pressuposto, experimenta-se por exemplo, para um ramal individual de um sprinkler, em tubo de ferro galvanizado da série média, com um diâmetro nominal ½" diâmetro interior de 16,1mm), com uma velocidade mínima assumida de 0,5 m/s, com água a 4ºC, onde resulta um $\mathrm{Re} = \frac{0{,}50 \times 0{,}0161}{1{,}57 \text{ x } 10-6} = 5127.39$, bastante superior ainda assim a 3000, confirmando-se que nestas instalações estamos sempre na presença de escoamentos em regime turbulento.

D.2.2. CAUDAL

Caudal ou fluxo é o volume de um fluido na unidade do tempo, podendo ser determinado pela multiplicação da sua velocidade de escoamento pela área da secção da tubagem.

$$\mathrm{Q} = \frac{\partial \mathrm{V}}{\partial \mathrm{t}} \quad \equiv \quad \mathrm{Q} = \frac{\partial \mathrm{U}}{\partial \mathrm{t}} \times \mathrm{S} \quad \equiv \quad \mathrm{Q} = \mathrm{UxS} \tag{5.12}$$

onde:
Q - é o caudal em m^3/s;
V – é o volume em m^3;
T – é a unidade de tempo em s;
U – é a velocidade de escoamento da água em m/s;
S – é a área da secção do escoamento em m^2.

D.2.3. PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DA MASSA

No escoamento de um fluido incompressível em regime permanente, a quantidade de água mantém-se constante nas várias secções, conforme traduz a equação da continuidade:

$$\mathrm{Q1} = \mathrm{Q2} \equiv \mathrm{U1} \times \mathrm{S1} = \mathrm{U2} \times \mathrm{S2} = \text{constante} \tag{5.13}$$

onde:
Q - é o caudal em m^3/s;
U – é a velocidade de escoamento da água em m/s;
S – é a área da secção do escoamento em m^2.

D.2.4. PRESSÃO E LEI HIDROSTÁTICA DE PRESSÕES

A pressão expressa a força de compressão por unidade de área.

A pressão normal ou estática é a força de compressão no fluido quando este está em repouso.

$$P = \gamma \times h \tag{5.14}$$

É usual em hidráulica, exprimir a pressão de um determinado fluido em peso de coluna de líquido.

$$h = \frac{P}{\gamma} \tag{5.15}$$

A relação de pressões entre dois pontos de um líquido em repouso é descrita pela lei hidrostática de pressões:

$$\frac{P}{\gamma} + Z = \text{Constante} \tag{5.16}$$

onde:
Z – é a cota geométrica de um determinado ponto do líquido, relativamente a um plano horizontal de referência.

A pressão pode ser medida em relação ao vácuo absoluto, designando-se por pressão absoluta, ou em relação à pressão atmosférica local, designando-se por pressão relativa, ou por pressão manométrica.

$$P_{abs} = P_{man} + P_{atm} \tag{5.17}$$

onde:
P_{abs} – É a pressão absoluta, medida em relação ao vácuo total ou zero absoluto;
P_{man} - É a pressão manométrica, relativa ou efetiva, medida adotando-se como referência a pressão atmosférica, através de manômetros, cuja escala em zero está referida a pressão atmosférica local. Quando o valor da pressão medida no manômetro é menor que a pressão atmosférica local, tem-se pressão relativa negativa, ou vácuo parcial.
P_{atm} – É a pressão atmosférica, que representa o peso da massa de ar que envolve a terra, geralmente, sobre o nível do mar, onde toma o valor de 10,33 mca.

Quadro 5.11 – Valores da pressão atmosférica a diferentes altitudes [106].

Altitude (m)	-325	0	340	690	1045	1420	1820	2240	2680	3140
P_{atm} (mca)	10,74	10,33	9,92	9,52	9,11	8,70	8,29	7,88	7,48	7,07

D.2.5. PRINCÍPIO DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA E TEOREMA DE BERNOULLI

Um fluido em escoamento possui energia composta em três parcelas, energia de potencial de posição (E_z), energia potencial de pressão (E_p) e energia cinética (E_c).

Em hidráulica a energia exprime-se geralmente por unidade de peso escoado.

$$E = E_p + E_p + E_c = Z + \frac{P}{\gamma} + \frac{U^2}{2g} \tag{5.18}$$

onde:
E — é a energia total por unidade de peso escoado;
Z— é a altura geométrica, potencial ou de posição;
P/γ— é a altura piezométrica ou a altura de líquido correspondente à pressão;
$U^2/2.g$ — é a altura cinética.

O teorema de Bernoulli traduz o princípio de conservação de energia, para escoamento de fluídos incompressíveis em regime permanente, onde se possa desprezar as forças de atrito, onde é demonstrado que a energia mecânica total por unidade de peso do líquido é constante ao longo de cada trajetória.

$$E = Z + \frac{P}{\gamma} + \frac{U^2}{2g} = Constante \tag{5.19}$$

Considerando as perdas de carga por atrito, as singularidades que provocam perdas de carga localizadas e os ganhos de energia externos, a relação entre as energias de dois pontos do escoamento de um fluido incompressível em regime permanente uniforme, vem dada por:

$$E_A = E_B \equiv Z_A + \frac{P_A}{\gamma} + \frac{{U_A}^2}{2g} = Z_B + \frac{P_B}{\gamma} + \frac{{U_B}^2}{2g} + J.L + \sum \Delta H_L - \Delta_{Bomba} \tag{5.20}$$

onde:
E_A — é a energia total no ponto A;
E_B — é a energia total no ponto B;
Z_A e Z_B— são as alturas geométricas dos pontos A e B, relativamente a um eixo horizontal de referência comum aos dois;
P/γ— são as pressões nos pontos A e B;
γ— é o peso volúmico do líquido;
$U^2/2.g$ — é a altura ou energia cinética;
J — é a perda de carga unitária;
L — é o comprimento da tubagem, correspondendo à distância entre os pontos A e B;
$\sum \Delta H_L$ — é o somatório das perdas de carga localizadas;
Δ_{Bomba} — é o ganho de energia devido a uma bomba hidráulica (caso exista).

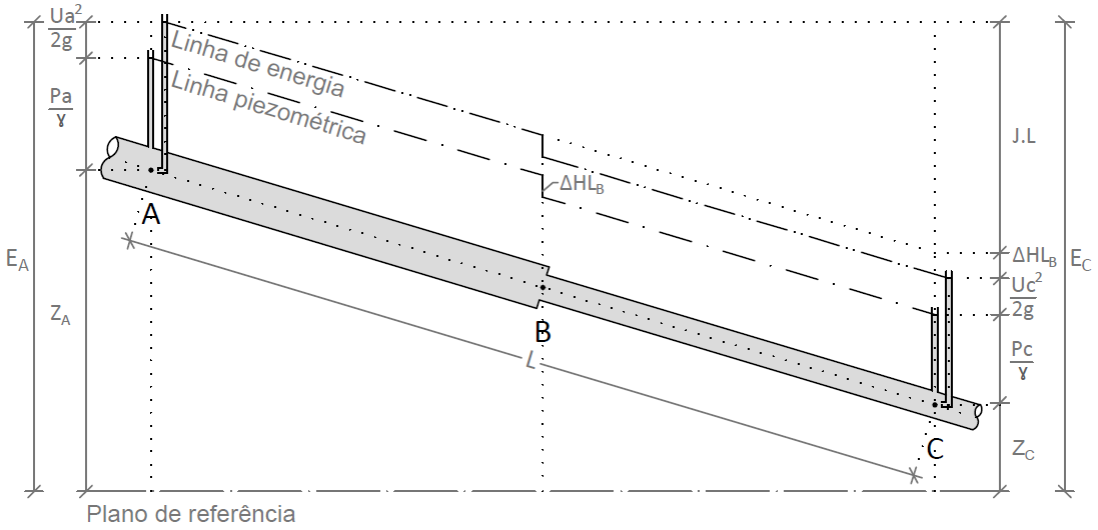


Figura 5.3 – Princípio de conservação de energia – Teorema de Bernoulli

Note-se que a soma da altura geométrica com a altura piezométrica designa-se por cota piezométrica, sendo que o conjunto das cotas piezométricas ao longo de um tubo de corrente designa-se por linha piezométrica.

Somando a altura cinética à cota piezométrica ao longo de um tubo de corrente, obtém-se a linha de energia.

Ambas as linhas, piezométrica e de energia, podem ser relativas à pressão atmosférica ou absolutas, somando a altura de líquido correspondente à altura atmosférica.

D.2.6. PERDAS DE CARGA CONTÍNUA

Em regime laminar, as perdas de carga ao longo do escoamento de um fluido numa determinada tubagem, devem-se às forças de resistência ao escoamento geradas pela viscosidade do fluído, no entanto, em regime turbulento, também se geram forças de inércia devidas à turbulência, que por sua vez, aumentam com a rugosidade das paredes da tubagem, o que leva a que designem este tipo de perdas de carga por perdas de carga devidas ao atrito.

A fórmula considerada para cálculo das perdas de carga contínua é a fórmula de Darcy-Weisbach:

$$\Delta hc = \frac{8 \times f \times L}{g \times \pi^2 \times D^5} \times Q^2 = \frac{f \times L}{D} \times \frac{U^2}{2 \times g} \quad (5.21)$$

onde:
Δhc — é a perda de carga contínua, num determinado troço de tubagem (m);
f – é o coeficiente de resistência ou de Darcy-Weisbach, cuja determinação se aborda a seguir;
L – é o comprimento do troço de tubagem (m);
g – é a aceleração da gravidade (9,81 m/s^2 ao nível do mar para Portugal continental);
D – é o diâmetro interior da tubagem (m);
Q – é o caudal escoado (m^3/s);
V – é a velocidade de escoamento (m/s).

D.2.7. DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE RESISTÊNCIA

O coeficiente de resistência depende do regime do escoamento.

Como foi dito atrás, em regime laminar, as perdas de carga ao longo do escoamento de um fluido numa determinada tubagem dependem da viscosidade do fluído e em regime turbulento, dependem da turbulência e da rugosidade das paredes da tubagem, o que leva a que designem este tipo de perdas de carga por perdas de carga devidas ao atrito.

A fórmula universal que permite determinar o coeficiente de resistência em regime laminar é a fórmula de Hagen Poiseuille:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (5.22)$$

onde:
Re — é o número de Reynolds.

A fórmula universal semi-empírica proposta por Colebrook-White em 1939 permite determinar o coeficiente de resistência em regime turbulento:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \times \log \left(\frac{k}{3{,}7 \times D} + \frac{2{,}51}{Re \times \sqrt{f}} \right) \quad (5.23)$$

onde:

f — é o coeficiente de resistência;
k — é a rugosidade absoluta das paredes da conduta, cujo valor pode ser obtido na bibliografia da especialidade;
D — é o diâmetro da conduta;
Re — é o número de Reynolds.

Na fórmula universal de Colebrook-White não é possível explicitar o coeficiente de resistência, o que implica utilizar métodos numéricos na sua resolução, como por exemplo, o método iterativo de Newton-Raphson, a utilização de ábacos desenvolvidos para o efeito, como o diagrama de Rouse (1942), de Moody (1944), ou de Ackers (1958), ou fórmulas determinadas para o efeito.

Para determinar a o fator de resistência em tubagens de grandes diâmetros, como sejam, os utilizados em infraestruturas para abastecimento de hidrantes de incêndio, considera-se a fórmula de Barr (1975), que, de acordo com Cunha e Marques [108], apresenta num erro de 2,93% em relação à solução exata:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\frac{k}{3{,}7D} - \frac{5{,}1286}{Re^{0{,}89}}\right) \tag{5.24}$$

Já em tubagens de diâmetros mais pequenos, como a generalidade das tubagens utilizadas nas redes prediais para extinção de incêndios, podem determinam-se as perdas de carga unitárias na tubagem, através das fórmulas empíricas de Flamant ou de Hazen-Williams.

A fórmula de Flamant (1892) é indicada para tubagens de pequeno diâmetro (até 100mm):

$$J = a \times \frac{V^{\frac{7}{4}}}{D^{\frac{5}{4}}} \tag{5.25}$$

onde:
J — é a perda de carga unitária (m/m);
a — é um coeficiente que traduz a rugosidade das paredes da conduta (adimensional), cujo valor pode ser obtido na bibliografia da especialidade [91], considerando-se valores de 0,00092 para tubagem de aço, 0,00061 para tubagem de cobre e inox e 0,00054 para tubagem de materiais plásticos;
V — é a velocidade (m/s);
D — é o diâmetro da conduta (m).

A fórmula de Hazen-Williams (1902), tem tido uma ampla utilização, em particular na América, encontrando-se muito documentada, sendo aceite a nível internacional para diâmetros entre 50mm até 3000mm e velocidades até 3 m/s e sendo aplicável a vários tipos de material de tubagem:

$$J = \frac{605{,}28 \times 10^5 \times Q^{1{,}852}}{C^{1{,}852} \times D^{4{,}8704}} \tag{5.26}$$

onde:
J — é a perda de carga unitária (KPa/m);
Q — é o caudal (m^3/s);
C — é o coeficiente que traduz a rugosidade das paredes da conduta (adimensional), cujo valor pode ser obtido na bibliografia da especialidade, considerando-se os valores sugeridos na EN 12845 [10], designadamente, 120 para tubagens de aço galvanizado e 140 para tubagens de inox ou cobre.
D — é o diâmetro da conduta (mm).

D.2.8. PERDAS DE CARGA LOCALIZADAS

As perdas de carga em regime turbulento são geralmente expressas em relação à altura cinética, da seguinte forma:

$$\Delta \mathrm{hl} = \mathrm{K} \times \frac{\mathrm{U}^2}{2 \times \mathrm{g}} \tag{5.27}$$

onde:
Δhl — é a perda de carga localizada, devida a uma determinada singularidade na tubagem (m);
K – é o coeficiente de perda de carga localizada, que depende do número de Reynolds e da geometria do obstáculo, podendo ser obtido em bibliografia da especialidade;
U – é a velocidade de escoamento (m/s);
g – é a aceleração da gravidade (9,81 m/s^2 ao nível do mar para Portugal continental).

Os valores do coeficiente de perda de carga localizada, que depende do número de Reynolds e da geometria do obstáculo, podem ser encontrados na bibliografia da especialidade [106].

Como referido por Cunha e Marques [108], as perdas de carga localizadas podem ser desprezadas, relativamente às perdas de carga contínuas, no caso de condutas longas, nomeadamente, quando o comprimento da conduta superar 4000 vezes o seu diâmetro, com exceção das perdas de carga de válvulas parcialmente fechadas, que devem ser quantificadas sempre.

Nos casos de sistemas prediais, onde os diâmetros das tubagens são relativamente pequenos e onde existem muitas mudanças de direção e acessórios, as perdas de carga localizadas não são desprezáveis.

Contudo, existem métodos simplificados para considerar as perdas de carga localizadas, como por exemplo, o método dos comprimentos equivalentes.

O método dos comprimentos equivalentes consiste em aumentar o comprimento de uma determinada tubagem, com um comprimento tal, que a perda de carga contínua devida a esse acréscimo de tubagem corresponda à perda de carga localizada.

Igualando a equação das perdas de carga contínuas (5.21) à expressão das perdas de carga localizadas (5.27), obtém-se a relação que permite determinar o comprimento equivalente:

$$\Delta hc = \Delta hl \quad \equiv \quad \frac{f \times L}{D} \times \frac{U^2}{2 \times g} = K \times \frac{U^2}{2 \times g} \quad \equiv \quad L = \frac{K \times D}{f} \tag{5.28}$$

Os comprimentos equivalentes também podem ser encontrados na bibliografia da especialidade, bem como em normas de dimensionamento dos sistemas automáticos de extinção, dos quais se destacam os seguintes quadros da NFPA 750 [70], que permitem determinar as perdas de carga localizadas de qualquer material, fazendo correlações com base nas perdas de carga para tubos de cobre.

Quadro 5.12 – Comprimentos equivalentes para determinação de perdas de carga localizadas. NFPA 750 [70].

Tubos de cobre série K*			$L_{, eq}$ - Comprimentos equivalentes relativos a perdas de carga localizadas**							
R	DN	Di***	Curvas		Tês	Válvulas				
(")	(mm)	(mm)	90º	45º	Saída em fre	Saída lateral	Bola	Guilhotina	Borboleta	Anti-retorno
0"	0,00	10,21	0,15		0,46					0,46
3/8"	9,53	10,21	0,15		0,46					0,46
1/2"	12,70	13,39	0,31	0,15	0,61					0,61
5/8"	15,88	16,56	0,46	0,15	0,61					0,76
3/4"	19,05	18,92	0,61	0,15	0,91					0,91
1"	25,40	25,27	0,76	0,31	1,37			0,15		1,37
1 1/4"	31,75	31,62	0,91	0,31	1,68	0,15	0,15	0,15		1,68
1 1/2"	38,10	37,62	1,22	0,46	2,13	0,15	0,15	0,15		1,98
2"	50,80	49,76	1,68	0,61	2,74	0,15	0,15	0,15	2,29	2,74
2 1/2"	63,50	61,85	2,13	0,76	3,66	0,15	0,15		3,05	3,51
3"	76,20	73,84	2,74	1,07	4,57	0,31	0,31		4,72	4,42
3 1/2"	88,90	85,98	2,74	1,07	4,27	0,31	0,31		*4,80*	3,81
4"	101,60	97,97	3,81	1,52	6,40	0,31	0,31		4,88	5,64

* Para acessórios com valores de rugosidade C ≠ 150, multiplicar os valores do quadro pelo fator multiplicativo C_f.

** Valores de referência para uniões lisas (soldadas ou roscadas recedidas), multiplicar os valores do quadro pelo dobro, no caso de uniões roscadas.

*** Para diâmetros interiores diferentes dos tubos de cobre sa série K, multiplicar os valores do quadro por um factor de correção F_d, dado por: $F_d=(Di_{efectivo}/ Di_{tubo\ cobre\ série\ K})^{-1,87}$

Quadro 5.13 – Fator de correção de $L_{, eq}$ em função da rugosidade do material dos acessórios. NFPA 750 [70].

Material	$C_{Hazen-Williar}$	C_f
Cobre (valor de referência)	150	1,000
Acessórios de outros materiais, de acordo com informações dos fabricantes	140	0,767
	130	0,662
	120	0,472

Alguns autores utilizam ainda uma simplificação do método dos comprimentos equivalentes, que consiste em, considerar um comprimento maior da tubagem no cálculo das perdas de carga contínuas, cujo acréscimo nas perdas de carga contínuas "equivale" às perdas de carga localizadas.

Leça Coelho [4] considera no dimensionamento das RIA , um agravamento de 30% do comprimento real da tubagem para este efeito.

D.3. SISTEMAS DE BOMBAGEM

D.3.1. CAUDAIS

O caudal a elevar por uma bomba de incêndio é função do número de dispositivos de extinção em funcionamento simultâneo.

Como foi visto atrás, devem ser considerados o funcionamento de todos os meios de extinção em simultâneo, quer de primeira intervenção, segunda intervenção e sistemas de extinção automática e, tomando os limites regulamentares, nomeadamente, do RT-SCIE [78].

D.3.2. ALTURAS DE ELEVAÇÃO

A energia produzida pelo sistema de pressurização pode ser medida em termos de energia produzida pelo motor, como em energia fornecida ao líquido.

No dimensionamento para a escolha da bomba interessa determinar a pressão útil da bomba, pelo que é necessário conhecer a altura útil a vencer, que corresponde à energia a fornecer ao líquido para que este escoe, vencendo os desníveis geométricos e as perdas de carga ao longo da tubagem.

Devem ser determinadas a altura manométrica, como apresentado na Figura 5.4 e conforme se descreve nos pontos a seguir.

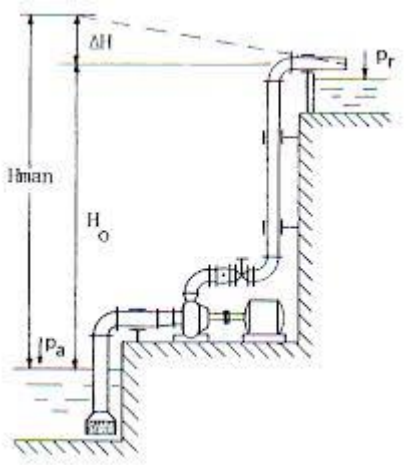


Figura 5.4 – Alturas de elevação de uma bomba

D.3.3. ALTURA GEOMÉTRICA

A altura estática de sucção (h_a) é a distância vertical da superfície livre do reservatório ao eixo da bomba. hs é positiva se o eixo da bomba estiver acima da superfície livre do reservatório.

A altura estática de compressão (h_c) é a distância vertical do eixo da bomba ao ponto de descarga da conduta de compressão. No caso em que a conduta de compressão descarregar no interior de um reservatório superior, a referência superior passa a ser a superfície livre desse reservatório.

A altura geométrica (h_g) é a soma das alturas estáticas de aspiração e de compressão:

$$H_g = h_a + h_s \tag{5.29}$$

D.3.4. ALTURA MANOMÉTRICA DE ASPIRAÇÃO

A altura manométrica de aspiração corresponde à diferença entre a pressão atmosférica no reservatório e a pressão à entrada na bomba.

$$H_a = H_{atm} + \frac{P_s}{\gamma} \tag{5.30}$$

Aplicando o teorema de Bernoulli entre a superfície livre do reservatório (nível de referência) e a entrada da bomba:

$$\Delta H_a = (H_{atm} + 0 + 0) - \left(Z_a + \frac{P_a}{\gamma} + \frac{\mathrm{U_a}^2}{2\mathrm{g}}\right) \tag{5.31}$$

Se admitirmos uma velocidade baixa na tubagem de aspiração, podemos considerar que o termo correspondente à altura cinética aproximadamente igual a zero e a altura manométrica de aspiração vem:

$$H_a = Z_a + \Delta H_a \tag{5.32}$$

Assim a altura manométrica de aspiração também pode ser designada por altura dinâmica ou altura total de aspiração.

D.3.5. ALTURA MANOMÉTRICA DE COMPRESSÃO

A altura manométrica de compressão corresponde à diferença entre a pressão à saída da bomba (P_c/γ) e a pressão atmosférica na saída da tubagem de compressão.

$$H_c = \frac{P_c}{\gamma} + H_{atm} \tag{5.33}$$

Aplicando o teorema de Bernoulli entre a entrada da bomba (nível de referência) e a superfície livre da saída da conduta de compressão:

$$\Delta H_c = \left(0 + \frac{P_c}{\gamma} + \frac{\mathrm{U_{c1}}^2}{2\mathrm{g}}\right) - \left(Z_c + H_{atm} + \frac{\mathrm{U_{c2}}^2}{2\mathrm{g}}\right) \tag{5.34}$$

Se admitirmos que a velocidade na tubagem de compressão é igual no ponto de saída da bomba (ponto c_1) e no ponto de saída da conduta (ponto c_2), a altura manométrica de compressão vem:

$$H_c = Z_c + \Delta H_c \tag{5.35}$$

Assim a altura manométrica de compressão também pode ser designada por altura dinâmica ou altura total de compressão.

D.3.6. ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL

A altura manométrica é a energia que a bomba fornece a cada kgf de líquido para que este, partindo da saída da bomba, atinja a boca de saída da tubagem de compressão, vencendo o desnível estático e as perdas de carga distribuídas e localizadas ao longo da tubagem. Representa o ganho de pressão que o líquido sofre na passagem pela bomba.

$$H_m = H_s + H_c \tag{5.36}$$

Note-se que em sistemas onde existam equipamentos e acessórios, tais como, bocas-de-incêndio, sprinklers, etc., que requeiram pressão adicional para funcionamento, deve-se acrescentar ao cálculo da altura manométrica total a pressão requerida para o funcionamento destes equipamentos.

D.3.7. POTÊNCIA

A potência de uma bomba (P) é a energia fornecida à bomba na unidade de tempo.

A potência útil de uma bomba (P_u) corresponde à energia fornecida pela bomba ao líquido em escoamento, correspondendo ao trabalho que ela realiza. A potência hidráulica útil de uma bomba é inferior à potência mecânica de uma bomba, devido às perdas ocorridas nas transformações de energia.

O rendimento de uma bomba (η_B) é a relação entre a potência fornecida ao líquido em escoamento e a potência fornecida à bomba:

$$\eta_B = \frac{P_u}{P} \tag{5.37}$$

A potência útil de uma bomba é dada por:

$$P_u = \frac{\gamma \times Q \times H_m}{\eta_B} \quad (kW) \tag{5.38}$$

onde:
Pu — é a potência da bomba (kW);
ϒ — é o peso específico da água (KN/m3);
Q — é o caudal a elevar (m3/s);
Hm — é a altura manométrica (m);
ηB — é o rendimento da bomba (adimensional).

Quando se pretender a potência útil da bomba em cavalos-vapor, a expressão a utilizar, com o peso específico da água em kgf/m^3, é a seguinte:

$$P_u = \frac{\gamma \times Q \times H_m}{75 \times \eta_B} \quad (CV) \tag{5.39}$$

A potência consumida pelo conjunto motor-bomba, é dada pela seguinte expressão, onde se considera o rendimento do motor (η_M):

$$P_{u(M/B)} = \frac{\gamma \times Q \times H_m}{75 \times \eta_B \times \eta_M} \quad (CV) \tag{5.40}$$

A potência elétrica consumida pelo motor é dada por:

$$P_{(M)} = \frac{\gamma \times Q \times H_m}{75 \times \eta_B \times \eta_M} \times 0{,}735 \quad (KW) \tag{5.41}$$

D.3.8. ALTURA MÁXIMA DE ASPIRAÇÃO - NPSH

A agitação da massa líquida provocada pelas peças móveis da bomba, cria condições favoráveis para a ocorrência da cavitação, uma vez que causa o turbilhonamento da massa líquida, que pode conter gases dissolvidos.

A formação de um volume de ar ou de água vaporizada em grande parte da tubagem pode interromper a circulação do fluído, rompendo a veia líquida, ou seja, desferrando a bomba.

Para que não ocorra cavitação na zona comprimida, terá de ser assegurado que a pressão interna na zona de aspiração é sempre maior que a pressão de vapor do líquido, à temperatura a que funciona a instalação, salientando-se o facto de quanto maior a temperatura da massa líquida, mais facilmente esta vaporiza.

É necessário assim verificar a quantidade de energia com que o líquido atinge a boca de entrada na bomba, designada por carga líquida positiva de sucção, conhecida na bibliografia anglo-saxónica por NPSH (net positive suction head).

Cada bomba requer uma carga mínima na boca de entrada para que não ocorra cavitação no seu interior, designada por $NPSH_{req}$, que é uma característica de cada modelo de bomba, função do caudal a elevar e da velocidade de rotação, sendo determinado por ensaios normalizados pelo fabricante.

Por outro lado, cada instalação de aspiração disponibiliza uma determinada carga na flange de entrada da bomba, que é função da altura estática da conduta, da perda de carga contínua, das perdas de carga localizadas a vencer e da pressão atmosférica a que se encontra o reservatório, designada por $NPSH_{disp}$., valor este determinado através do teorema de Bernoulli, podendo o projetista alterar as características da conduta em função do valor NSPH que necessite para evitar a cavitação.

Para que não ocorra cavitação tem se ser verificada a seguinte condição:

$$NPSH_{req} > NPSH_{disp} \tag{5.42}$$

Na aplicação do teorema de Bernoulli, considerando as perdas de carga na tubagem de aspiração, a altura cinética, a pressão absoluta total na entrada da bomba e subtraindo a pressão de vapor, obtemos o valor da disponibilidade de energia com que o líquido entra na boca da bomba:

$$NPSH_{disp} = \left(\frac{p_{atm}}{\gamma} - h_a - \Delta H_a\right) - \left(\frac{P_v}{\gamma}\right) \tag{5.43}$$

onde:
P_{atm} — é a pressão atmosférica (KN/m^2) ou a pressão absoluta em caso de ser um reservatório fechado;
Υ — é o peso específico da água (KN/m^3);
h_a — é a altura estática de aspiração (m.c.a.), considerada positiva na situação em que a bomba está abaixo do reservatório;
ΔH_a — é a perda de carga na conduta de aspiração (m.c.a.);
P_v — é a pressão de vapor (KN/m^2).

D.3.9. PONTO DE FUNCIONAMENTO DE UM SISTEMA DE BOMBAGEM

O ponto de funcionamento de um sistema de bombagem corresponde ao ponto de interceção da curva da instalação com a curva da bomba.

A curva da instalação é uma equação do tipo:

$$H = H_g + \Delta H_a = H_g + \frac{8.f.L^*}{g.\pi^2.D^5}.Q^2 \quad (5.44)$$

onde:
L — é o comprimento da tubagem, acrescido do comprimento equivalente das perdas de carga localizadas.*

A curva da bomba é uma equação do tipo:

$$H = H_0 - y.Q^2 \quad (5.45)$$

D.3.10. ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS EM PARALELO

A associação de bombas em paralelo justifica-se nas situações em que o caudal a elevar é demasiadamente grande para uma só bomba ou então, nas situações de ampliação posterior a sistemas antigos, onde se pretende manter a bomba existente em funcionamento.

O caudal total elevado é superior ao caudal elevado por uma só bomba, mas ligeiramente inferior ao somatório do caudal elevado por cada bomba, uma vez que a equação das bombas em associação vem:

$$H_{total} = H_0 - n \times (y.Q^2) \quad (5.46)$$

onde:
n — é o número de bombas a trabalhar em paralelo.

D.3.11. ASSOCIAÇÃO DE BOMBAS EM SÉRIE

A associação de bombas em série justifica-se nas situações em que a altura de elevação é demasiadamente grande para uma só bomba, ou sendo feita por uma só bomba, imporia pressões superiores às máximas indicadas para a instalação, havendo assim necessidade de intercalar várias bombas em série na mesma coluna montante.

A altura manométrica total das bombas associadas em série corresponde à soma exata das alturas manométricas de cada uma das bombas, uma vez que a equação das bombas em associação vem:

$$H_{total} = n \times H_{(1\,bomba)} = n \times (H_0 - y.Q^2) \quad (5.47)$$

onde:
n — é o número de bombas a trabalhar em série.

ANEXO E

TABELAS COM OS DIÂMETROS DA TUBAGEM UTILIZADA

E.1. TUBAGEM EM AÇO PARA REDES PREDIAIS DE INCÊNDIO

Apresentam-se no quadro seguinte os diâmetros de tubos de aço soldados longitudinalmente, da série média, fabricados de acordo com a NP EN 10255.

Di (mm)	DN (mm)	De (mm)	R (pol)
155,10	150	165,10	6"
129,70	125	139,70	5"
105,30	100	114,30	4"
80,90	80	88,90	3"
68,90	65	76,10	2 1/2"
53,10	50	60,30	2"
41,90	40	48,30	1 1/2"
36,00	32	42,40	1 1/4"
27,30	25	33,70	1"
21,70	20	26,90	3/4"
16,10	15	21,30	1/2"
12,60	10	17,20	3/8"

E.2. TUBAGEM EM AÇO-INOX PARA REDES PREDIAIS DE INCÊNDIO

Apresentam-se no quadro seguinte os diâmetros de tubos de aço-inox austenítico, soldados longitudinalmente, da classe AISI 316L, fabricados de acordo com a DIN 17457.

Na coluna da direita indica-se a pressão de rotura de cada tubo, determinada de acordo com a seguinte expressão:

$$Pr = \frac{2.\sigma_r.e}{D_i} \tag{5.48}$$

onde:
P_r — é a pressão de rotura do tubo, em bar;
σ_r – é a tensão de rotura do aço-inox austenítico, considerando-se 500 MPa;
D_i – é o diâmetro interior do tubo.

De (mm)	Di (mm)	e (mm)	Pr (bar)	
80,00	***75,00***	***2,50***	*333,33*	*
70,00	***65,00***	***2,50***	*384,62*	
38,00	**32,00**	**3,00**	937,50	**
30,00	**25,00**	**2,50**	1000,00	
25,00	**21,00**	**2,00**	952,38	
20,00	**16,00**	**2,00**	1250,00	
16,00	**13,00**	**1,50**	1153,85	
12,00	**9,60**	**1,20**	1250,00	

* Diâmetros apenas utilizados em baixa pressão (como por exemplo, na conduta de aspiração da CBSI).

** Diâmetros utilizados em alta pressão.

E.3. TUBAGEM EM PVC PARA INFRAESTRUTURAS DE HIDRANTES

Apresentam-se no quadro seguinte os diâmetros de PVC, da classe PN10, fabricados de acordo com a EN 1452.

Di (mm)	De (DN) (mm)
290,80	315
230,80	250
184,60	200
147,60	160
129,20	140
115,40	125
101,60	110
81,40	90
67,80	75
57,00	63
42,60	50
34,00	40
27,20	32
21,20	25
17,00	20