



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Departamento de Engenharia Mecânica



Sistemas de Automação e Manutenção de Edifícios - Concepção dos Sistemas de Detecção e Protecção contra Incêndios de uma Unidade Industrial

GONÇALO GOMES TEIXEIRA
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Orientador:

Prof. Mestre Nuno Paulo Ferreira Henriques

Júri:

Presidente: Prof. Doutor João Carlos Quaresma Dias

Vogais: Prof. Doutor Sílvio José Pinto Mariano

Prof. Mestre Nuno Paulo Ferreira Henriques

Dezembro de 2013



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Departamento de Engenharia Mecânica

**Sistemas de Automação e Manutenção de Edifícios -
Concepção dos Sistemas de Detecção e Protecção
contra Incêndios de uma Unidade Industrial**

GONÇALO GOMES TEIXEIRA
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Orientador:

Prof. Mestre Nuno Paulo Ferreira Henriques

Júri:

Presidente: Prof. Doutor João Carlos Quaresma Dias

Vogais: Prof. Doutor Sílvio José Pinto Mariano

Prof. Mestre Nuno Paulo Ferreira Henriques

Dezembro de 2013

Agradecimentos

O presente Trabalho Final de Mestrado foi concluído com a ajuda e o apoio de algumas pessoas. Quero por isso expressar os meus profundos e mais sinceros agradecimentos:

Ao Prof. Nuno Henriques, meu orientador, pela disponibilidade que teve em me ajudar e aconselhar sobre os caminhos mais correctos e práticos neste trabalho.

Ao Sr.Eng.º Carlos Nobre, pelo tempo que disponibilizou para me ajudar e pelo vasto conhecimento que possui e que partilhou comigo.

Ao Sr. Eng.º João Cardoso, por tão gentilmente ter cedido algumas plantas que possibilitaram a definição do edifício do caso de estudo.

Ao Sr. Eng.º Luís Mendes, ao Sr. Eng.º Jorge Mendonça e Costa e ao Sr. Eng.º José Sobral, por me terem esclarecido dúvidas pertinentes e que com as suas repostas me ajudaram a ultrapassar obstáculos.

Aos meus pais, que sempre me apoiaram e deram força em todos os momentos e que são os principais responsáveis por estar onde me encontro. Muito obrigado pelo amor, pelo apoio, pelo carinho, por tudo. Este trabalho é dedicado a vocês.

Ao meu irmão e à Lúcia, por me apoiarem e serem um exemplo de vida para mim.

Aos meus grandes amigos que foram indispensáveis no meu percurso académico que agora termina: Pedro Belo, João Diniz, Bruno Peixoto, João Marques, Filipe Santos, Rita Soares e Eunice Ricardo. Um agradecimento especial também a toda a Estudantina Académica do ISEL por todos os bons momentos de convívio e ensinamentos que contribuíram em muito para a minha formação pessoal e profissional.

Finalmente agradeço à Inês por me ter apoiado e ouvido nos momentos mais atribulados durante este período e por me ter dado sempre forças e aquele gesto de carinho que me fez continuar sempre em frente.

*“Everything that has a beginning as an end.”
The Oracle, in Matrix Revolutions*

Resumo

O presente trabalho consiste na análise do funcionamento dos sistemas automáticos de detecção e extinção de incêndios de uma unidade industrial e dos sistemas de ventilação mais apropriados à protecção contra incêndios.

São abordados os conceitos de fogo e de incêndio, nomeadamente a fenomenologia do fogo e os seus constituintes, passando pela caracterização da combustão e culminando nas fases de um incêndio.

A temática da protecção contra incêndios, os meios de segurança activa e os métodos de extinção de incêndios são igualmente abordados, assim como a regulamentação em vigor que define os parâmetros em que um sistema de protecção contra incêndios é dimensionado.

Os equipamentos de detecção e extinção de incêndios, em geral, bem como os detectores ópticos de fumo e por aspiração, os sistemas automáticos de extinção por água, a redes de incêndios armada (RIA) e os sistemas de abastecimento e bombagem de água para incêndios, em particular, foram analisados os seus dimensionamentos face à legislação vigente.

A aplicação dos conceitos estudados a um caso de estudo é efectuada para o caso de uma unidade industrial, permitindo efectuar o dimensionamento de todos os sistemas que, de acordo com a legislação, seriam necessárias à respectiva protecção contra incêndio.

Palavras-chave: Incêndio, Fogo, Detecção, Extinção, Desenfumagem, Dimensionamento.

Abstract

The present work consists in the analysis of the functioning of automatic fire detection and extinguishing fires of an industrial unit and ventilation systems most suitable to fire protection.

Are approached concepts of heat and fire, in particular the phenomenology of fire and its constituents, the characterization of combustion and culminating in the stages of a fire.

The issue of the fire protection, the active safety measures and methods of extinguishing fires are also discussed, as well as current regulations that define the parameters in which a fire protection system is dimensioned.

Detection equipment and fire extinguishing, in general, as well as optical and vacuum smoke detectors, automatic fire extinguishing water systems, fire networks (RIA) and supply and water pumping systems for fire, in particular, were addressed and analyzed their sizing under the current legislation.

The application of the studied concepts in a case study is carried out for a case of an industrial unit, allowing the design of all systems that according to the legislation would be necessary for its protection against fire.

Key-words: Fire, Detection, Extinction, Smoke Extraction, Dimensioning.

Abreviaturas

ANPC - Autoridade Nacional de Protecção Civil

BI – Boca de Incêndio

BITC – Boca de Incêndio Tipo Carretel

CBSI - Central De Bombagem do Serviço De Incêndios

CDI – Central de Detecção de Incêndio

CEA - Comité Européen Dês Assurances

DL – Decreto-Lei

EN - Norma Europeia

GPL – Gás de Petróleo Liquefeito

RASI - Reservatórios de Água Privativos do Serviço de Incêndios

RJSCIE – Regime Jurídico de Segurança Contra Incêndios em Edifícios

RTSCIE – Regime Técnico de Segurança Contra Incêndios em Edifícios

SADI – Sistema Automático de Detecção de Incêndios

SAEI - Sistema Automático de Extinção de Incêndios

SCIE – Segurança Contra Incêndios em Edifícios

NFPA - National Fire Protection Association

NP - Norma Portuguesa

NT – Nota Técnica

UT – Utilização-Tipo

Índice

Agradecimentos	v
Resumo	vii
Abstract.....	ix
Abreviaturas	xi
Índice de Figuras	xvii
Índice de Tabelas	xxi
1. Introdução	1
2. Fogo e Incêndio.....	3
2.1. Fenomenologia do Fogo	5
2.2. Triângulo e Tetraedro do Fogo	6
2.2.1. Combustível.....	6
2.2.2. Comburente	7
2.2.3. Energia de Activação.....	8
2.2.4. Reacção em cadeia	8
2.3. Combustão	9
2.3.1. Velocidade de combustão.....	9
2.3.2. Produtos da combustão.....	10
2.3.3. Propagação da energia da combustão	11
2.4. Fases de um incêndio	13
3. Protecção Contra Incêndios.....	15
3.1. Segurança de um Edifício	15
3.1.1. Meios de Segurança Activa	15
3.2. Métodos de Extinção de Incêndios	17
3.2.1. Carência (actuação sobre o combustível)	18
3.2.2. Limitação do comburente (actuação sobre o comburente).....	18
3.2.3. Arrefecimento (actuação sobre a energia de activação)	19
3.2.4. Inibição (actuação sobre a reacção em cadeia).....	19
3.3. Enquadramento Legal	20

3.3.1.	Classes de fogos (NP EN 2: 1993)	20
3.3.2.	Decreto Lei nº220/2008 de 12 de Novembro – Regime Jurídico da Segurança Contra Incêndios em Edifícios (RJSCIE).....	20
3.3.2.1.	Utilizações-Tipo	21
3.3.2.2.	Locais de Risco	23
3.3.2.3.	Categorias e Factores de Risco	24
3.3.3.	Portaria no 1532/2008 de 29 de Dezembro: Disposições técnicas gerais e específicas de um sistema contra incêndio em edifícios (SCIE).....	25
3.3.4.	Cálculo da Carga de Incêndio Modificada	25
3.3.5.	NFPA 13.....	26
4.	Sistemas Automáticos de Detecção de Incêndios (SADI)	27
4.1.	Configuração de um Sistema Automático de Incêndios	28
4.2.	Composição e Funcionamento dos Detectores Automáticos de Incêndio	29
4.3.	Tipos de Detectores	30
4.3.1.	Detectores de Calor ou Térmicos	30
4.3.2.	Detectores de Fumo	32
4.3.2.1.	Detectores ópticos	32
4.3.2.2.	Detectores por aspiração	33
4.3.2.3.	Detectores iónicos	34
4.3.3.	Detectores de Gás	35
4.3.4.	Detectores de Chama	35
4.3.5.	Detectores Multisensor	36
4.4.	Distribuição do Detectores.....	36
5.	Sistemas Automáticos de Extinção de Incêndios (SAEI)	41
5.1.	Sistema de Extinção por Água.....	41
5.1.1.1.	Configuração dos Sistemas Automáticos de Incêndios por Água.....	43
5.1.1.2.	Classificação dos Riscos	44
5.1.1.3.	Metodologia de Dimensionamento	46
5.2.	Sistema de Extinção por Espuma.....	52
5.3.	Sistema de Extinção por Pó Químico	53

5.4.	Sistema de Extinção por Dióxido de Carbono (CO ₂).....	54
5.5.	Sistemas de Extinção por Gases Sintéticos e Inertes	54
6.	Redes Secas, Redes Húmidas e Rede de Incêndios Armada (RIA).....	57
6.1.	Definição e constituição.....	57
6.2.	Metodologia de dimensionamento.....	59
7.	Reservatório de Água Privativo do Serviço de Incêndios (RASI) e Central de Bombagem.....	61
7.1.	Reservatório de Água Privativo do Serviço de Incêndios (RASI).....	61
7.2.	Central de Bombagem	62
8.	Controlo de Fumo	67
8.1.	Conceitos Gerais	67
8.2.	Métodos de Controlo de Fumos.....	67
8.3.	Caracterização dos Locais a Proteger	68
8.4.	Controlo de Fumo em Vias Verticais de Evacuação	69
9.	Caso de Estudo (Gráfica)	71
9.1.	Metodologia utilizada	71
9.2.	Descrição do Edifício.....	71
9.3.	Levantamento de Necessidades	73
9.3.1.	Cálculo do efectivo.....	73
9.3.2.	Cálculo da Carga de Incêndio Modificada	74
9.3.3.	Utilização-Tipo.....	75
9.3.4.	Classificação do Local de Risco.....	76
9.3.5.	Tipo de Protecção do Edifício	77
9.4.	Dimensionamento dos Sistemas	78
9.4.1.	Detecção de Incêndios	78
9.4.1.1.	CDI e Zonas de Detecção.....	78
9.4.1.2.	Seleção dos Tipos de Detectores	78
9.4.1.3.	Distribuição do Detectores	78
9.4.1.4.	Instalação dos Botões de Alarme Manual	79
9.4.1.5.	Difusão do Alarme e Alerta	79

9.4.1.6.	Detecção por aspiração	79
9.4.2.	Extinção de Incêndios.....	89
9.4.2.1.	Extintores Portáteis	89
9.4.2.2.	Coluna Húmida	90
9.4.2.3.	Sistema de Extinção Automática de Incêndios por Água	91
9.4.2.4.	Dimensionamento do RASI	91
9.4.2.5.	Dimensionamento da CBSI.....	92
10.	Conclusões.....	93
	Bibliografia.....	95
	ANEXO A - Software PipeCAD	
	ANEXO B - Dimensionamento da rede de aspersores	
	ANEXO C - Dimensionamento da Coluna Húmida	
	ANEXO D – Número e localização de detectores ópticos de fumos no edifício	
	ANEXO E - Resultados do <i>PipeCAD</i>	
	ANEXO F – Plantas do Edifício	

Índice de Figuras

Figura 1 – Triângulo do fogo (Fonte: http://www.areaseg.com).....	5
Figura 2 – Tetraedro do fogo (Fonte: http://www.areaseg.com).....	5
Figura 3 – Propagação do fogo por radiação (Fonte: <i>Prosegur Tecnologia – Novos Horizontes da Segurança</i>)	12
Figura 4 – Propagação do fogo por condução (Fonte: <i>Prosegur Tecnologia – Novos Horizontes da Segurança</i>)	12
Figura 5 – Propagação do fogo por convecção (Fonte: <i>Prosegur Tecnologia – Novos Horizontes da Segurança</i>)	13
Figura 6 – Fases de desenvolvimento de um incêndio (Fonte: http://sapadoresdecoimbra.no.sapo.pt/).....	14
Figura 7 – Diferentes tipos de extintores portáteis (Fonte: http://www.construindo.org)16	
Figura 8 – Manta ignífuga (Fonte: http://www.areahumana.pt).....	16
Figura 9 – Extinção por abafamento (Fonte: <i>Prosegur Tecnologia – Novos Horizontes da Segurança</i>).....	18
Figura 10 – Extinção do fogo por arrefecimento (água) (Fonte: http://www.treminas.com.br/brigada.html)	19
Figura 11 – Configuração tipo de um SADI (Fonte: <i>NT n° 12 ANPC</i>)	28
Figura 12 – Fluxograma de organização de alarme (Fonte: <i>NT n° 12 ANPC</i>)	29
Figura 13 – Constituição do detector de incêndios térmico (esquerda) e fumo (direita) (Fonte: <i>Resende,2009</i>).....	30
Figura 14 – Detector termovelocimétrico (Fonte: <i>Ficha Técnica n°13, APSEI</i>).....	32
Figura 15 – Detector de fumo por dispersão de luz (Fonte: <i>Resende (2009)</i>).....	33
Figura 16 – Detector de fumo por absorção de luz (Fonte: <i>Resende (2009)</i>).....	33
Figura 17 – Detectores por aspiração (Fonte: <i>Ficha Técnica n°26, APSEI</i>)	34
Figura 18 – Detector iónico de fumos (Fonte: http://www.samtek.com.br)	35
Figura 19 – Detector de chama (Fonte: http://www.shsistemas.pt).....	36
Figura 20- Detector multisensor óptico, térmico e químico (Fonte: http://www.boschsecurity.com)	36
Figura 21 – Espaçamento entre detectores de fumo (à esquerda) e detectores térmicos (à direita) (Fonte: <i>Guide to Conventional Fire Systems, System Sensor</i>).....	38
Figura 22 – Aspersor com termofusível em posição pendente (Fonte: http://trisafesolutions.com).....	41

Figura 23 – Posto de controlo (Fonte: <i>José Pedro Lopes, Técnicas de Protecção Civil II, ESTGB</i>)	42
Figura 24 – Esquema de um sistema de <i>aspersores</i> (Fonte: <i>António M. Guerra, Manual de Brigadas de Incêndio, 2007</i>).....	42
Figura 25 – Alimentação central com ramal central (Fonte: <i>Trindade (2009)</i>)	47
Figura 26 – Alimentação com ramal lateral (Fonte: <i>Trindade (2009)</i>).....	48
Figura 27 - Alimentação central pela extremidade com ramal central (Fonte: <i>Trindade (2009)</i>)	48
Figura 28 - Alimentação lateral pela extremidade com ramal lateral (Fonte: <i>Trindade (2009)</i>)	48
Figura 29 - Alimentação lateral pela extremidade com dois ramais (Fonte: <i>Trindade (2009)</i>)	49
Figura 30 - Alimentação lateral central com dois ramais (Fonte: <i>Trindade (2009)</i>).....	49
Figura 31 – Sistema de extinção por espuma num depósito de líquido (Fonte: <i>António M. Guerra, Manual de Brigadas de Incêndio</i>)	52
Figura 32 – Sistema de extinção com geradores de espuma de alta expansão (para armazéns) (Adaptado de: <i>José Pedro Lopes, Técnicas de Protecção Civil II, ESTGB</i>) .	53
Figura 33 – Botijas de um sistema de extinção por gases (Fonte: http://www.depimex.com)	54
Figura 34 – Boca dupla siamesa com válvula anti-retorno e aperto rápido tipo “STORZ” (Fonte: www.luisgoncalves.pt)	58
Figura 35 - Boca de Incêndio Armada (Fonte: <i>Rodrigues et al, 2005</i>)	59
Figura 36 – Central de bombagem (Fonte: <i>António M. Guerra, Manual de Brigadas de Incêndio</i>).....	65
Figura 37 – Divisão do “Armazém 0” em 4 zonas	80
Figura 38 – <i>Layout</i> da zona A0-Z1.1 (3D)	81
Figura 39 - <i>Layout</i> da zona A0-Z1.1 (2D).....	81
Figura 40 - <i>Layout</i> da zona A0-Z1.2 (3D).....	82
Figura 41 - <i>Layout</i> da zona A0-Z1.2 (2D).....	82
Figura 42 - <i>Layout</i> da zona A0-Z2.1 (3D).....	83
Figura 43 - <i>Layout</i> da zona A0-Z2.1 (2D)	84
Figura 44 - <i>Layout</i> da zona A0-Z2.2 (3D)	85
Figura 45- <i>Layout</i> da zona A0-Z2.2 (2D)	85
Figura 46 - Divisão do “Armazém 1” em 2 zonas.....	86
Figura 47 - <i>Layout</i> da zona A1-Z1.1 (3D)	87

Figura 48 - Layout da zona A1-Z1.1 (2D)	87
Figura 49 - Layout da zona A1-Z1.2 (3D)	88
Figura 50 - Layout da zona A1-Z1.1 (2D)	88
Figura 51 – Esquema isométrico da disposição das BI's e das BITC's	91

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Estatística de incêndios em Portugal (anos de 2004 e 2005) (Fonte: <i>José Pedro Lopes, em Perigo de Incêndio. Transmissão de Energia, 2005</i>)	4
Tabela 2 – Temperaturas características de alguns combustíveis (Fonte: <i>Prosegur Tecnologia – Novos Horizontes da Segurança</i>)	7
Tabela 3 – Principais fontes de energia de activação (Fonte: <i>Prosegur Tecnologia – Novos Horizontes da Segurança</i>)	8
Tabela 4 – Toxicidade em ppm de vários gases de combustão e sua origem (Fonte: <i>Prosegur</i>)	10
Tabela 5 - Adequação do agente extintor a cada classe de fogo (Fonte: <i>José Pedro Lopes, Técnicas de Protecção Civil II, ESTGB</i>)	16
Tabela 6 - Classes de fogos segunda a norma NP EN2:1993 (Fonte: <i>NP EN 2, de 1993 e NP EN 2:1993/A1, de 2005</i>)	20
Tabela 7 – Factores que intervêm para a definição das categorias de risco das utilizações tipo (Fonte: <i>RTSCIE</i>)	24
Tabela 8 – Limites de altura dos tectos e raio de acção (Fonte: <i>NT N°12 ANPC</i>)	37
Tabela 9 – Distribuição dos detectores de fumo e ópticos segundo a CEA 4040 de Julho de 2003 (Fonte: <i>NT n° 12 ANPC</i>)	38
Tabela 10 – Valores do factor de risco (K) (Fonte: <i>NT n° 12 ANPC</i>)	39
Tabela 11 – Critérios de dimensionamento de sistemas fixos de extinção por água (Fonte: <i>RTSCIE</i>)	43
Tabela 12 – Área máxima de cobertura de um aspersor e espaçamentos entre aspersores (Fonte: <i>NFPA 13</i>)	47
Tabela 13 – Número máximo de aspersores para a classe de risco grave e tubagens de aço galvanizado (Fonte: <i>NFPA 13</i>)	50
Tabela 14 – Tempo de autonomia do sistema (Fonte: <i>NT n° 14, ANPC</i>)	62
Tabela 15 – Arquitectura da unidade industrial.....	71
Tabela 16 – Cálculo do efectivo.....	73
Tabela 17 – Classificação dos locais de risco do edifício	76
Tabela 18 - Número de extintores móveis no edifício.....	90

1. Introdução

Desde sempre que o Homem tem vindo a combater incêndios. Com a evolução da humanidade, foi possível combatê-los de uma forma cada vez mais eficaz, reduzindo sempre os custos, tanto de vidas como de bens. No entanto, nos dias de hoje continua a ser possível a deflagração de um incêndio numa qualquer unidade industrial, seja devido a causas eléctricas, mecânicas ou outras, sendo por isso a temática da protecção contra incêndios um assunto sempre actual, justificando a sua abordagem.

A detecção precoce de um incêndio pode permitir a evacuação das pessoas presentes no edifício, salvaguardando perdas humanas, bem como accionar os meios de intervenção (automáticos ou humanos) para que se proceda a extinção do incêndio, evitando assim perdas monetárias (patrimoniais). Além disso, e porque a maior parte das mortes num incêndio não se devem às chamas em si mas à inalação dos gases tóxicos produzidos pela combustão, a detecção de um incêndio pode permitir accionar o sistema de desenfumagem que fará com que o fumo seja extraído e ar novo seja insuflado no espaço sinistrado.

Desta forma, os objectivos deste Trabalho Final de Mestrado passam pela análise dos sistemas de detecção e extinção de incêndios e ventilação de uma unidade industrial. Com essa análise, pretende-se o dimensionamento do sistema de detecção automático de incêndios, com particular incidência no sistema de detecção por aspiração. Pretende-se ainda o dimensionamento do sistema de extinção automático de incêndios, através de redes de incêndios e sistemas de aspersores.

2. Fogo e Incêndio

A descoberta do fogo foi, muito provavelmente, dos maiores acontecimentos no processo de evolução da Humanidade. Desde os primórdios da humanidade que o Homem foi sempre ameaçado por diversos perigos. No princípio, o fogo era obtido apenas como consequência de raios provocados por trovoadas ou devido à lava incandescente dos vulcões. A certa altura, o Homem começou a ter domínio sobre o fogo, através da geração de atrito entre dois paus de madeiras que aqueciam e davam origem à sua combustão.

A descoberta do fogo trouxe um risco associado: o risco de incêndio. Com este risco, vieram as primeiras medidas de protecção contra o fogo, tendo-se destacado os romanos por volta do ano I DC com a criação de muros corta-fogo, locais de abastecimento de água, entre outras medidas (<http://www.nufor.uevora.pt>).

Como é óbvio, passados milhares de anos, o fogo possibilitou um enorme aumento na qualidade de vida do Homem, através da evolução de sistemas bélicos e também com o aparecimento de períodos marcantes na história da Humanidade, tal como a “Idade do Cobre” (marcada pelo início dos usos dos metais).

O incêndio, sendo um fogo descontrolado, é sempre uma catástrofe que pode provocar danos materiais e/ou humanos. José Pedro Lopes, em *Perigo de Incêndio. Transmissão de Energia* (2004), refere que um incêndio pode-se manifestar de diversas formas, segundo diferentes critérios:

- Tipo de ambiente (local) onde se deu o incêndio;
- Tipos de combustíveis envolvidos;
- Causas do incêndio;
- Consequências do incêndio.

Um incêndio pode surgir em qualquer situação e em qualquer lugar. De edifícios urbanos a zonas rurais, passando por meios de transporte terrestres, aeronaves, instalações industriais e também, como é do conhecimento geral, em zonas florestais. A Tabela 1 representa a estatística de incêndios em Portugal nos anos de 2004 e 2005.

Tabela 1 – Estatística de incêndios em Portugal (anos de 2004 e 2005) (Fonte: José Pedro Lopes, em Perigo de Incêndio. Transmissão de Energia, 2005)

Tipo de Incêndios	2004			2005		
	Quantidade	Feridos	Mortos	Quantidade	Feridos	Mortos
Florestal	6691	170	2	11982	168	4
Agrícola	7072	41	2	6954	36	1
Incultos/matos	16992	179	0	24533	196	15
Urbano	8332	678	46	8635	734	54
Industrial	1387	88	2	1405	76	1
Transportes	2968	70	1	2973	65	1
Outros	7294	21	0	8078	15	0
Total	50736	1247	53	64560	1290	76

Como se pode verificar, a quantidade de incêndios em dois anos ronda os 115 000, sendo a maior parte devida a incêndio em terrenos incultos ou matos.

Relativamente às causas de incêndio, estas podem ser naturais, quando o incêndio é causado por descargas eléctricas durante uma trovoadas (aplicados a incêndios florestais) representando uma pequena percentagem da totalidade dos incêndios registados. A maior fatia recai sobre as causas humanas, representadas por descuido e/ou desconhecimento e fogo posto (também mais aplicado a incêndios florestais).

As fontes de ignição de incêndios podem ser de:

- Origem térmica: Associadas ao acto de fumar, a radiação solar, motores de combustão interna, a materiais ou equipamentos com chama nua, entre outros;
- Origem eléctrica: Como por exemplo, arco eléctrico por manobra de equipamento eléctrico, aparelhos defeituosos ou mal utilizados e electricidade estática;
- Origem mecânica: Sobreaquecimento devido a fricção mecânica e chispas provocadas por ferramentas, equipamentos em movimento ou calçado.
- Origem química: Reacções químicas exotérmicas (combustão espontânea) e reacção de substâncias auto-oxidantes.

Devido a todos estes factores, são necessárias não só medidas de prevenção bastante abrangentes e rígidas, mas também sistemas de combate a incêndios eficientes e eficazes para que no caso da deflagração de um incêndio seja possível extingui-lo da maneira mais rápida possível antes da intervenção humana.

2.1. Fenomenologia do Fogo

Normalmente o fogo surge de uma reacção química entre o oxigénio na atmosfera e algum tipo de combustível. O fogo é uma reacção química de oxidação com libertação de luz e calor, que se denomina combustão sendo essa reacção classificada como exotérmica, ou seja, liberta calor para a atmosfera.

Para existir um fogo é necessário, de uma maneira rápida e sucinta, um agente combustível e um agente comburente que através de uma energia de activação provoca a combustão. Estes três factores, essenciais para que haja combustão, formam o triângulo do fogo (Figura 1).



Figura 1 – Triângulo do fogo (Fonte: <http://www.areaseg.com>)

Segundo Alberto Sérgio, em *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho* (2007), existe, actualmente considerado como tal, um quarto elemento na eclosão do fogo, a reacção em cadeia. Sendo assim, passa a ser usual considerar o denominado tetraedro do fogo (Figura 2).

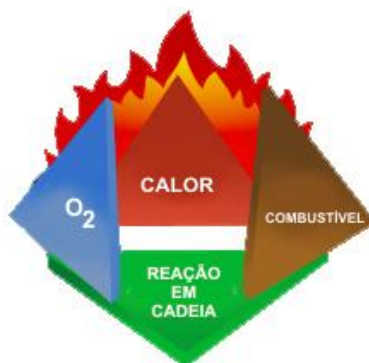


Figura 2 – Tetraedro do fogo (Fonte: <http://www.areaseg.com>)

Após o início da combustão, a acção dos três factores descritos anteriormente pode não ser necessária para a manter. É necessário então que haja uma reacção em cadeia, o que fará com que a combustão seja expandida no espaço e no tempo através da

formação dos radicais livres provenientes da reacção química entre o combustível e o comburente.

A contribuição destes factores para o aparecimento e propagação de um fogo dependerá das suas características, que serão analisadas de seguida.

2.2. Triângulo e Tetraedro do Fogo

2.2.1. Combustível

O combustível é a substância redutora (que vai arder). Pode-se então dizer que se trata de qualquer substância que reage com o oxigénio, libertando dessa forma energia em forma de calor, chamas e gases. Apresenta-se nos três estados da matéria (líquido, sólido e gasoso):

- Combustíveis líquidos: Como a gasolina, querosene, álcool e óleos vegetais e/ou animais;
- Combustíveis sólidos: Carvão, madeira e outros;
- Combustíveis gasosos: GPL (propano/butano), gás natural e outros gases combustíveis.

Devido ao facto de os combustíveis poderem estar nos três estados de matéria, isto faz com que as suas características variem de forma muito aleatória. No entanto, é possível estabelecer algumas que podem ser sistematizadas e estudadas, sendo elas:

- Condutividade térmica (capacidade da substância para conduzir calor);
- Estado de divisão (influencia a capacidade que um corpo tem de arder);
- Densidade (importante para o conhecimento da miscibilidade entre combustíveis e comburentes);
- Miscibilidade e tendência para libertar vapores (no caso de líquidos);
- Temperaturas características.

As temperaturas características de um combustível são propriedades bastante importantes pois estão directamente ligadas à presença de uma fonte de calor que pode aumentar a temperatura do combustível em questão desde um valor mais baixo até um valor mais elevado. Existem três temperaturas características:

1. Temperatura de inflamação- Traduz-se na temperatura mínima a que uma substância é capaz de emitir vapores combustíveis em quantidade suficiente para, em conjunto com o comburente, formar uma mistura que através de uma energia de activação se possa inflamar, extinguindo-se de seguida por falta de vapores combustíveis.
2. Temperatura de combustão- O mesmo que a temperatura de inflamação, mas neste caso existem vapores combustíveis emitidos pela substância em tal quantidade que a mistura arde continuamente.
3. Temperatura de ignição- Temperatura mínima à qual os vapores libertados por um combustível se auto-inflamam, havendo a denominada combustão espontânea, não sendo necessária energia de activação.

A Tabela 2 apresenta alguns exemplos de combustíveis com as suas diferentes temperaturas características.

Tabela 2 – Temperaturas características de alguns combustíveis (Fonte: Prosegur Tecnologia – Novos Horizontes da Segurança)

Substância	Temperatura de inflamação (°C)	Temperatura de combustão (°C)	Temperatura de ignição (°C)
Pinho	225	265	280
Madeira dura	~245	~270	~290
Papel	230	-	230
Polietileno	340	-	350
Gasolina	-40	-20	227
Gasóleo	90	104	330
Petróleo	30	43	250 a 450
Óleo lubrificante	157	177	230
Etanol	13	-	370
Butano	-60	-	430
Etileno	-	-	490 a 540

2.2.2. Comburente

O comburente pode ser definido como o corpo gasoso ou atmosfera que envolve o combustível e, associando-se quimicamente a este último, é capaz de fazê-lo entrar em combustão. O oxigénio é o principal comburente utilizado, visto que aproximadamente 21% do ar da atmosfera terrestre é composto por oxigénio. No entanto, há determinados gases que se podem comportar como comburentes para determinados combustíveis, tal como é o caso do hidrogénio, que arde no seio do cloro, os metais leves (lítio, sódio, potássio ou o magnésio), que ardem no seio do vapor de água.

A relação entre o comburente e o combustível é bastante importante pois para certos combustíveis, e assumindo o comburente como o oxigénio, uma atmosfera com menos de 15% já não alimenta uma combustão. Por outro lado, há combustíveis para os quais a combustão se extingue apenas para concentrações de oxigénio inferiores a 10%. Isto significa que a percentagem mínima de oxigénio para que haja combustão depende do combustível em questão.

2.2.3. Energia de Activação

Como se sabe, não basta misturar o combustível e o comburente para que haja combustão. É necessário adicionar a chamada energia de activação, a energia mínima necessária para se iniciar a reacção, que é fornecida pela fonte de inflamação.

A energia de activação pode ter várias origens, tal como se mostra na Tabela 3.

Tabela 3 – Principais fontes de energia de activação (Fonte: *Prosegur Tecnologia – Novos Horizontes da Segurança*)

Tipo de Fonte	Origem	Exemplos
Eléctrica	Resistência Arco voltaico (faísca) Electricidade estática	Aquecedor eléctrico; Cabo de alta tensão quebrado em contacto com o solo; Descarga entre um extintor e a terra após o esvaziamento rápido do extintor.
Mecânica	Fricção Compressão	Contacto não lubrificado entre duas peças metálicas em movimento; Compressão de um gás num cilindro.
Térmica	Superfícies quentes Radiação	Placa de um fogão; Exposição intensa e continuada ao Sol que provoca a libertação de vapores combustíveis pela madeira.
Química	-	Limalha de ferro + óleo; Algodão + óleo.

2.2.4. Reacção em cadeia

Estudos recentes sobre a química da combustão apontam que a união do comburente com o combustível não é directa, ocorrendo uma série de passos em que as reacções se dão entre o oxigénio e os radicais livres emitidos pelo combustível aquecido ao ponto de inflamação. O desenvolvimento da reacção em cadeia está associado à formação de radicais livres, sendo que estes têm como objectivo a transmissão da energia química gerada pela reacção que por sua vez se transformará em energia calorífica decompondo

as moléculas e promovendo desta forma a propagação do fogo. (<http://www.nufor.uevora.pt>)

A reacção em cadeia é uma sequência de reacções que ocorrem durante o fogo, produzindo a sua própria energia de activação (o calor) enquanto há comburente e combustível para queimar.

2.3. Combustão

2.3.1. Velocidade de combustão

Segundo *Prosecur, Novos Horizontes da Segurança*, a velocidade a que uma combustão ocorre (velocidade do fogo) depende de diversos factores e será tanto mais rápida quanto maior for:

- O grau de divisão do combustível;
- A inflamabilidade do combustível;
- A superfície do combustível (superfície exposta directamente ao comburente);
- O grau de renovação ou alimentação de comburente.

A velocidade de combustão pode ser dividida em quatro formas: lenta, viva, deflagração e explosão.

- **Lenta** – A oxidação de um metal (ferro, cobre) em contacto com o ar húmido é um bom exemplo de uma combustão lenta. Esta é caracterizada por se produzir a uma temperatura bastante baixa (inferior a 500°C), não havendo, normalmente emissão de luz.
- **Viva** – É vulgarmente denominada como fogo. Este tipo de combustão surge como resultado da mistura dos gases inflamados com o ar. No caso de combustíveis sólidos, cuja combustão decorre à superfície, verifica-se a incandescência a partir da sua ignição e também através da formação de brasas, quando já não existem gases suficientes para que haja chama.
- **Deflagração** – Esta é uma combustão muito rápida, caracterizada por se dar a uma velocidade inferior à velocidade do som no ar (340 m/s).
- **Explosão** - Combustão que se dá acima da velocidade do som no ar. Neste caso, a mistura de gases tem que ocupar todo o volume do espaço onde está contida, sendo que no momento em que se dá a explosão, há um enorme aumento de pressão e temperatura simultaneamente sobre todo o espaço confinante.

2.3.2. Produtos da combustão

As estatísticas indicam que morrem mais pessoas devido à inalação de gases resultantes da combustão do que por queimaduras ou derrocadas de edifícios. É então de enorme importância saber quais são os produtos da combustão e as suas características.

Existem três produtos base que resultam de uma combustão: fumo, gases e resíduos sólidos.

O fumo resulta da combustão incompleta dos materiais e pode apresentar cor branca (ou cinzenta pálida), se houver bom acesso do comburente à mistura, e negra (ou cinzenta escura) se o comburente existir em pouca quantidade, o que resulta no desenvolvimento de uma grande temperatura (como é o caso da combustão de plásticos ou da combustão em espaços fechados onde o oxigénio é escasso).

A combustão liberta bastantes gases tóxicos, como por exemplo:

- CO e CO₂ – Monóxido e Dióxido de Carbono, respectivamente. Resultam da combustão da matéria orgânica;
- HCN – Ácido Cianídrico, responsável também pela libertação de amoníaco. Proveniente de fibras acrílicas (nylon, poliuretanos)
- HCl e COCl₂ – Ácido Clorídrico e Fosgénio, resultantes da queima de materiais que possam conter cloreto de polivinilo (PVC).

Na Tabela 4, pode-se observar um resumo da toxicidade de alguns gases que são libertados na combustão.

Tabela 4 – Toxicidade em ppm de vários gases de combustão e sua origem (*Fonte: Prosegur*)

Substância	Admissível por várias horas (ppm)	Perigoso em meia hora (ppm)	Mortal (ppm)	Origem
Dióxido de carbono (CO₂)	1000 a 1500	3500 a 4000	60000 a 70000	Todos os materiais orgânicos
Monóxido de carbono (CO)	100	1500 a 2000	10000	Todos os materiais orgânicos
Vapores nitrosos (NO/NO₂)	10 a 40	100 a 150	200 a 700	Celulóide e brinquedos
Ácido cianídrico HCN	15	100	180 a 270	Lã, seda e alguns plásticos
Ácido clorídrico (HCl)	10	1000 a 2000	1300 a 2000	Materiais sintéticos como o PVC

Ácido sulfídrico (H₂S)	20	300	1000	Materiais orgânicos com enxofre
Amoníaco (NH₃)	100	5000	2500 a 5000	Em sistema de refrigeração
Cloro (Cl₂)	0,35 a 1	40 a 60	1000	Materiais à base de cloro (pouco significativo)
Fosgénio (COCl₂)	1	25	50	Materiais à base de cloro (pouco significativo)

2.3.3. Propagação da energia da combustão

A propagação da energia da combustão é o principal factor que influencia um incêndio, pois o facto de a energia se propagar no tempo e no espaço faz com que seja possível que uma maior quantidade de combustível entre em combustão, aumentando assim a dimensão do incêndio. Dessa forma, é necessária uma breve análise à temática da transferência de calor para que se perceba como essa energia se propaga.

A energia pode ser propagada através de três formas diferentes:

- **Radiação:** Neste caso, não existe meio material para que a energia se propague, transmitindo-se através do espaço e em todas as direcções, como acontece com a radiação emitida pelo Sol, que se propaga até à Terra através do espaço vazio. A combustão viva, por possuir chama, produz radiação infravermelha (invisível ao olho humano) só sendo detectada pelos seus efeitos ou por equipamento especial (câmara termográfica). Ao encontrar um corpo opaco, esta energia transforma-se em calor, aquecendo-o.

Um exemplo de energia emitida por radiação será o aquecimento de uma pessoa em frente a uma lareira ou uma casa a receber energia por haver um incêndio noutra casa nas suas imediações (Figura 3).



Figura 3 – Propagação do fogo por radiação (Fonte: *Prosegur Tecnologia – Novos Horizontes da Segurança*)

- **Condução:** A energia propaga-se molécula a molécula havendo então a necessidade de um meio material, ocorrendo sempre de um ponto de maior potencial energético (maior temperatura) para um de menor potencial (menor temperatura). Este tipo de transferência de energia é tanto mais rápida quanto melhor for o condutor, sendo os metais um bom exemplo disso, ao contrário da cortiça e da borracha. Num edifício, a condução verifica-se através de estruturas metálicas, como pilares e vigas, e também em paredes, como demonstra a Figura 4.

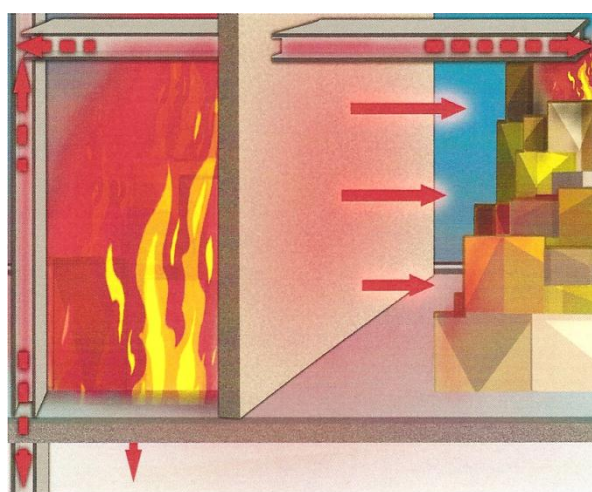


Figura 4 – Propagação do fogo por condução (Fonte: *Prosegur Tecnologia – Novos Horizontes da Segurança*)

- **Convecção:** O facto de existirem diferentes densidades de gases no interior de um edifício ou da área onde esteja a decorrer um incêndio, faz com que existam correntes ascendentes dos gases quentes e correntes descendentes do ar circundante, a uma temperatura mais baixa, deslocando-se desta forma a matéria aquecida para outros pontos desse mesmo edifício ou área. Se se estiver a falar de um edifício (Figura 5), essas mesmas correntes efectuam-se por todas as comunicações interiores do mesmo, tal como caixas de elevadores, corredores, condutas de ventilação, bem como pela fachada do edifício.



Figura 5 – Propagação do fogo por convecção (Fonte: *Prosegur Tecnologia – Novos Horizontes da Segurança*)

2.4. Fases de um incêndio

Um incêndio não é mais que um fogo sem controlo no espaço e no tempo. O desenvolvimento de um incêndio depende de inúmeros factores, sendo que é raro haver dois incêndios iguais.

Não obstante este facto, é comum serem definidas algumas fases gerais de desenvolvimento de um incêndio num recinto fechado:

- **Eclosão (fase inicial)** – Nesta fase a quantidade de oxigénio no ar é suficiente para que haja um aumento gradual da temperatura da chama, libertando-se gases como o vapor de água e outros referidos anteriormente.
- **Propagação (combustão livre)** – Devido à quantidade de oxigénio existente no ar, dá-se uma enorme produção de chamas atingindo-se desta forma a temperatura máxima, resultado também dos vapores que resultam da combustão.

Depois desta fase, é possível que um incêndio siga três caminhos distintos:

- **Declínio das chamas** - Esta fase acontece também num incêndio ao ar livre. Acontece se o espaço onde está a acontecer o incêndio for ventilado e o calor se puder libertar para o exterior.
- **Combustão generalizada** – Dá-se quando o calor não se liberta para o exterior mas existe renovação de ar no local do incêndio. A dissipação de energia é processada de forma mais lenta do que a sua produção, o que resulta num contínuo aumento de temperatura e os materiais emitem vapores de destilação em grande quantidade, ocupando o volume todo do local.
- **Asfixia** – A falta de comburente (oxigénio) por falta de renovação do ar traduz-se no decaimento das chamas, apesar da temperatura se manter com valores muito elevados. Surgem brasas (incandescência).

A Figura 6 representa a evolução temporal de um incêndio em função da temperatura. Como se pode ver, é a combustão contínua que dura mais tempo e que

atinge as temperaturas mais altas, razão pela qual se considera esta a fase mais crítica de um incêndio.

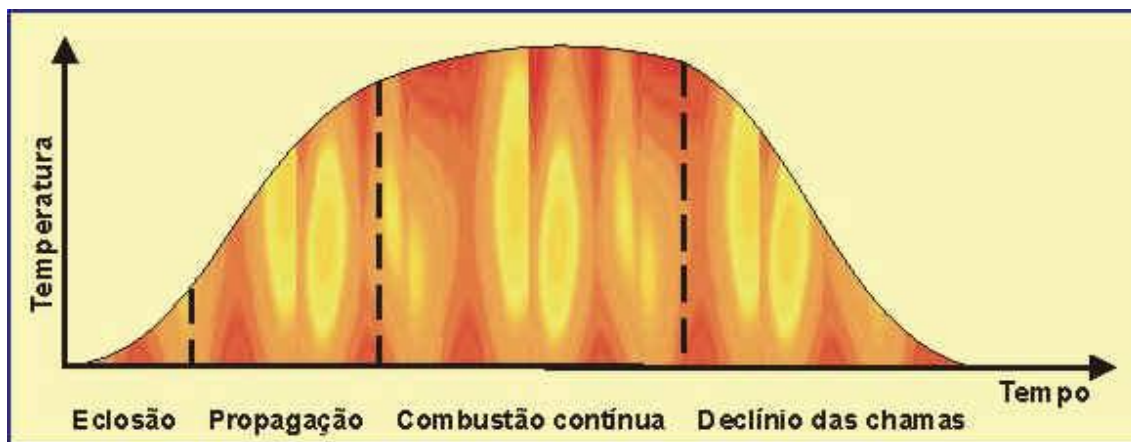


Figura 6 – Fases de desenvolvimento de um incêndio (Fonte: <http://sapadoresdecoimbra.no.sapo.pt/>)

3. Protecção Contra Incêndios

3.1. Segurança de um Edifício

A segurança de um edifício, em termos de incêndio, é dividida em dois tipos: segurança passiva e segurança activa.

Quanto à segurança passiva, esta prende-se com toda a arquitectura do edifício, ou seja, os meios incorporados à construção do mesmo, como por exemplo a compartimentação, as rotas de fuga (corredores e escadas) e a definição de materiais de acabamento e revestimento adequados. Estes meios não requerem nenhum tipo de accionamento para que funcionem em caso de incêndio.

A segurança activa de um edifício é constituída por equipamentos e sistemas que necessitam de ser accionados (automática ou manualmente) para que funcionem em situação de incêndio. Têm como objectivo a detecção célere do incêndio, para que os sistemas de extinção possam combater o mesmo e as pessoas desocupem o edifício, evitando assim danos menores. Os detectores automáticos de incêndio, extintores, sistemas de desenfumagem, entre outros, são exemplos de meios de segurança activa.

3.1.1. Meios de Segurança Activa

De uma forma geral, os meios de intervenção num incêndio podem ser divididos em dois grupos:

- Meios de 1ª intervenção: São os meios utilizados no primeiro contacto com o incêndio, ou seja, servem para controlar ou mesmo extinguir um incêndio até à chegada dos bombeiros. São meios de 1ª intervenção mais usuais nos edifícios:

➤ Extintores portáteis

Um extintor portátil de incêndio é um extintor de incêndio concebido para ser transportado e utilizado manualmente, e que, em condições de operação, tenha um peso igual ou inferior a 20 kg.

É um considerado um meio de 1ª intervenção, e contém, normalmente, dois produtos distintos no seu interior: o agente extintor e um gás de propulsão que tem como objectivo impulsionar o primeiro para fora do extintor quando este for accionado (*Extintores Portáteis de Incêndio*, <http://www.allianz.pt>). A Figura 7 apresenta vários tipos de extintores portáteis.



Figura 7 – Diferentes tipos de extintores portáteis (Fonte: <http://www.construindo.org>)

Para a selecção do tipo de extintores portáteis a incluir no edifício, José Pedro Lopes, em *Técnicas de Protecção Civil II, ESTGB*, apresenta a Tabela 5.

Tabela 5 - Adequação do agente extintor a cada classe de fogo (Fonte: José Pedro Lopes, *Técnicas de Protecção Civil II, ESTGB*)

Classe de fogos	Agente Extintor						
	Água		Espuma	CO ₂	Pó químico		
	Jacto	Pulverizada			ABC	BC	D
A	Bom	Muito bom	Bom	Não	Muito bom	Não	Não
B	Não	Aceitável	Muito bom	Bom	Muito bom	Muito bom	Não
C	Não	Não	Não	Bom	Bom	Bom	Não
D	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Muito bom

➤ Mantas ignífugas

Uma manta ignífuga é um dispositivo de segurança que serve para extinguir pequenos incêndios. Como o próprio nome indica, trata-se de uma manta que se coloca sobre o incêndio, a fim de o abafar, eliminando assim o oxigénio do tetraedro do fogo e apagando o incêndio. De seguida, na Figura 8, pode-se observar uma manta ignífuga comum.



Figura 8 – Manta ignífuga (Fonte: <http://www.areahumana.pt>)

➤ **Rede de aspersores (ou *sprinklers*)**

Uma rede de aspersores, ou *sprinklers* como são vulgarmente designados, é uma rede de tubagens que possuem dispositivos (aspersores) espaçados de acordo com regras que dependem da utilização e do grau de risco do espaço a proteger. Esta rede funcionará quando a ampola presente no aspersor (por acção da temperatura elevada no caso de um incêndio) rebentar, havendo então a descarga de água no aspersor, que cria um efeito de chuveiro. Este sistema será explicado de forma mais profunda numa fase posterior deste trabalho.

➤ **Rede de incêndio armada (tipo carretel)**

Tal como vem descrito no RTSCIE, uma rede de incêndio armada é uma rede de água, exclusivamente destinada ao combate a incêndios, mantida permanentemente em carga e dotada de bocas-de-incêndio armadas. É considerada um meio de 1ª intervenção e é de aplicação quase geral em todos os edifícios. Este meio de extinção também será explicado numa fase posterior do trabalho.

- Meios de 2ª intervenção: Como o próprio nome indica, são meios a serem utilizados quando os meios de 1ª intervenção já foram utilizados sem sucesso. São instalações fixas que efectuam uma descarga directa sobre o fogo. São exemplos de meios de 2ª intervenção:
 - Redes secas ou húmidas;
 - Boca siamesa de alimentação;
 - Boca-de-incêndio armada tipo teatro;

3.2. Métodos de Extinção de Incêndios

A extinção de um incêndio corresponde sempre à eliminação de, pelo menos, um dos lados do tetraedro do fogo, como se pode ver na Figura 2. Dessa forma, é possível eliminar um fogo através de quatro métodos:

- Carência (actuação sobre o combustível);
- Limitação do comburente (actuação sobre o comburente);
- Arrefecimento (actuação sobre a energia de activação);
- Inibição (actuação sobre a reacção em cadeia).

Apesar de a eliminação de um destes factores poder ser a razão da extinção de um incêndio, é de salientar que normalmente só é possível actuar sobre o combustível e/ou sobre a energia de activação. O comburente (oxigénio) encontra-se presente no ar e a reacção em cadeia é inerente aos processos de combustão na maioria dos combustíveis.

3.2.1. Carência (actuação sobre o combustível)

A carência é, em teoria, o método mais eficaz na extinção de um incêndio. Resume-se à supressão do combustível. No entanto, a complexidade da sua execução torna este método difícil de ser implementado. (Guerra, *Manual de Brigadas de Incêndio*, 2007)

Em combustíveis sólidos, é possível tentar diminuir a sua quantidade, reduzindo assim as dimensões do incêndio. Isto só será possível de acordo com uma limpeza periódica dos locais passíveis de incêndio, e evitando amontoados de produtos inflamáveis.

Relativamente aos combustíveis líquidos e gasosos, a carência pode ser feita através do corte do combustível ao local da combustão com válvulas colocadas em locais estratégicos, de fácil acesso e se possível no início das condutas dos líquidos e/ou gases inflamáveis.

3.2.2. Limitação do comburente (actuação sobre o comburente)

A limitação do comburente é um processo de difícil execução, pois envolve o anulamento do comburente na atmosfera onde se dá o incêndio. Só é possível em certos casos, através de dois processos distintos:

- **Asfixia** - Quando não existe renovação de ar, o que resulta no consumo total do comburente no processo de combustão. Não existe acção exterior por parte do ser humano;
- **Abafamento** – Quando a falta de comburente se deve a uma acção exterior, impedindo a renovação de ar e assim a falta de oxigénio (Figura 9).



Figura 9 – Extinção por abafamento (Fonte: *Prosegur Tecnologia – Novos Horizontes da Segurança*)

A limitação de comburente pode ser conseguido diminuindo a percentagem e oxigénio existente para aproximadamente 14% e 6%, se existirem brasas. (*Prosegur Tecnologia – Novos Horizontes da Segurança*).

3.2.3. Arrefecimento (actuação sobre a energia de activação)

O arrefecimento tem como objectivo diminuir a temperatura do combustível (abaixo da sua temperatura de inflamação), eliminando a sua energia, para que se o incêndio seja extinto.

O método mais comum de arrefecimento utiliza como recurso a água, que ao vaporizar-se, provoca uma diminuição gradual da temperatura, tal como exemplifica a Figura 10.



Figura 10 – Extinção do fogo por arrefecimento (água) (Fonte: <http://www.treminas.com.br/brigada.html>)

3.2.4. Inibição (actuação sobre a reacção em cadeia)

A inibição é um método com um campo de actuação muito limitado na indústria. Consiste em impedir a transmissão de energia (calor) de umas partículas para as outras, eliminando assim a formação de radicais livres ou consumindo-os à medida que estes se formam.

Para se extinguir o fogo desta forma, é necessário utilizar pó químico extintor que se decompõe em radicais livres e que se combinam com os produtos da combustão, inibindo a reacção em cadeia.

De notar que este método não pode ser efectuado de maneira singular, pois se não se eliminar um dos lados do tetraedro do fogo, é muito provável que haja um reacendimento do incêndio.

3.3. Enquadramento Legal

A temática dos incêndios é um assunto que, devido às consequências gravosas de um incêndio, necessita de estar bem legislado e é necessário proceder à actualização dos decretos-lei, portarias e /ou despachos que regulam desde o dimensionamento dos sistemas de protecção contra incêndios (detectores, extintores, redes de incêndio) até à periodicidade e forma de manutenção dos mesmos num período regular.

3.3.1. Classes de fogos (NP EN 2: 1993)

Pelo facto de os fogos poderem assumir formas e características diferentes, houve a necessidade de elaborar classes de fogos para que a sua extinção possa ser feita de forma mais eficaz. A norma NP EN 2:1993 estabelece quatro classes (de A a D) de acordo com a natureza do combustível, tal como se pode ver na Tabela 6.

Tabela 6 - Classes de fogos segunda a norma NP EN2:1993 (Fonte: NP EN 2, de 1993 e NP EN 2:1993/A1, de 2005)

Classe	Designação	Tipos de Materiais (exemplos)
A	Fogos de materiais sólidos, geralmente de natureza orgânica, que se dão, normalmente, com a formação de brasas	À base de celulose: madeira, tecidos, carvão, papel.
B	Fogos de líquidos ou de sólidos liquidificáveis	Óleos, gasolinas, álcool, tintas, ceras, vernizes. Incluem-se também combustíveis sólidos que na combustão passem ao estado líquido, por exemplo: alcatrão, plástico, entre outros.
C	Fogos de gases	Butano, propano, acetileno, hidrogénio.
D	Fogos de metais	Alumínio, sódio, magnésio, titânio.

A distinção entre os fogos que podem existir permite que os sistemas de protecção contra incêndios sejam dimensionados de maneira mais segura, o que diminui os custos associados, por exemplo, ao sobredimensionamento dos sistemas e à correcta utilização de agentes extintores indicados para a classe de fogo respectiva.

3.3.2. Decreto Lei nº220/2008 de 12 de Novembro – Regime Jurídico da Segurança Contra Incêndios em Edifícios (RJSCIE)

O Decreto de Lei nº 220/2008 estabelece o Regime Jurídico da Segurança Contra Incêndios em Edifícios (RJSCIE). Este diploma regulamentar reúne toda a informação relativa às disposições regulamentares de segurança contra incêndio aplicáveis a todos os edifícios e recintos, distribuídos por 12 utilizações-tipo sendo cada uma delas

divididas em 4 categorias de risco de incêndio e 6 locais de risco diferentes. Os edifícios considerados referem-se não só a edifícios de utilização exclusiva, como edifícios de ocupação mista.

A execução deste regulamento foi facilitada pela criação do Serviço Nacional de Bombeiros e Protecção Civil e posterior mudança para Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC), autoridade com atribuições na área de segurança contra incêndio em edifícios, com competência para propor as medidas legislativas e regulamentares, o que facilitou a edificação e estruturação de forma lógica, rigorosa e acessível do projecto que veio a ser adaptado para regulamento geral. Dessa forma, resolveu-se o principal problema que existia na anterior legislação sobre segurança contra incêndio em edifícios, que se encontrava dispersa por um número excessivo de diplomas, por vezes contraditórios e difíceis de compreender, o que colocava em risco a sua eficácia. Outro dos problemas resolvidos nesta nova legislação é a inclusão de um conjunto elevado de edifícios deixados de fora por anteriores legislações, tais como instalações industriais, armazéns, lares de idosos, museus, bibliotecas, arquivos e locais de culto.

Estão sujeitos ao regime de segurança contra incêndio todos os edifícios, ou suas fracções autónomas, qualquer que seja a utilização e respectiva envolvente, com excepção dos estabelecimentos prisionais e os espaços classificados de acesso restrito das instalações de forças armadas ou de segurança.

O Decreto de Lei nº220/2008 tem como os princípios gerais 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 da combustão. Tem ainda como objectivos facilitar a evacuação e o salvamento dos ocupantes em risco e permitir a intervenção eficaz e segura dos meios de socorro.

3.3.2.1. Utilizações-Tipo

No artigo 8º do DL nº220/3008, os edifícios são formalmente distribuídos por 12 utilizações-tipo. Esta classificação permite identificar a categoria de risco do edifício (como se verá de seguida) para que os sistemas de protecção contra incêndio possam ser dimensionados de maneira correcta e de acordo com a utilização do mesmo. As utilizações tipo anteriormente mencionadas podem ser consultadas de seguida:

a) Tipo I “Habitacionais”: edifícios ou partes de edifícios destinados a habitação unifamiliar ou multifamiliar, incluindo os espaços comuns de acesso a áreas não residenciais reservadas ao uso exclusivo dos residentes;

b) Tipo II “Estacionamentos”: edifícios ou partes de edifícios destinados exclusivamente à recolha de veículos e seus reboques, fora da via pública, ou recintos delimitados ao ar livre, para o mesmo fim;

c) Tipo III “Administrativos”: edifícios ou partes de edifícios onde se desenvolvem actividades administrativas, de atendimento ao público ou de serviços, excluindo as oficinas de reparação e manutenção;

d) Tipo IV “Escolares”: edifícios ou partes de edifícios recebendo público, onde se ministrem acções de educação, ensino e formação ou exerçam actividades lúdicas ou educativas para crianças e jovens, podendo ou não incluir espaços de repouso ou de dormida afectos aos participantes nessas acções e actividades;

e) Tipo V “Hospitalares e lares de idosos”: edifícios ou partes de edifícios recebendo público, destinados à execução de acções de diagnóstico ou à prestação de cuidados na área da saúde, com ou sem internamento, ao apoio a pessoas idosas ou com condicionalismos decorrentes de factores de natureza física ou psíquica, ou onde se desenvolvam actividades dedicadas a essas pessoas;

f) Tipo VI “Espectáculos e reuniões públicas”: edifícios ou partes de edifícios, recintos itinerantes ou provisórios e ao ar livre que recebam público, destinados a espectáculos, reuniões públicas, exposições de meios audiovisuais, bailes, jogos, conferências, palestras, culto religioso e exposições, podendo ser, ou não, polivalentes e desenvolver as actividades referidas em regime não permanente;

g) Tipo VII “Hoteleiros e restauração”: edifícios ou partes de edifícios recebendo público, fornecendo alojamento temporário ou exercendo actividades de restauração e bebidas, em regime de ocupação exclusiva, ou não, com excepção dos parques de campismo e caravanismo que são considerados espaços de utilização-tipo IX;

h) Tipo VIII “Comerciais e gares de transporte”: edifícios ou partes de edifícios recebendo público, ocupados por estabelecimentos comerciais onde se exponham e vendam materiais, produtos, equipamentos ou outros bens, destinados a ser consumidos no exterior desse estabelecimento, ou ocupados por gares destinadas a aceder a meios de transporte rodoviário, ferroviário, marítimo, fluvial ou aéreo, incluindo gares intermodais, com excepção das plataformas de embarque ao ar livre;

i) Tipo IX “Desportivos e de lazer”: edifícios, partes de edifícios e recintos, recebendo ou não público, destinados a actividades desportivas e de lazer;

j) Tipo X “Museus e galerias de arte”: edifícios e partes de edifícios, recebendo ou não público, destinadas à exibição de peças do património histórico e cultural ou a actividades de exibição, demonstração e divulgação de carácter científico, cultural ou técnico;

k) Tipo XI “Bibliotecas e arquivos”: edifícios ou partes de edifícios, recebendo ou não público, destinados a arquivo documental, podendo disponibilizar os documentos para consulta ou visualização no próprio local ou não;

l) Tipo XII “Industriais, oficinas e armazéns”: edifícios, partes de edifícios ou recintos ao ar livre, não recebendo habitualmente público, destinados ao exercício de actividades industriais ou ao armazenamento de materiais, substâncias, produtos ou equipamentos, oficinas de reparação e todos os serviços auxiliares ou complementares destas actividades.

3.3.2.2. Locais de Risco

Segundo o artigo 10º do RJSCIE, todos os locais dos edifícios e dos recintos, com excepção dos espaços interiores de cada fogo e das vias horizontais e verticais de evacuação, são classificados, de acordo com a natureza do risco, em 6 categorias diferentes. Esta classificação possibilita, juntamente com a definição da utilização-tipo e da categoria de risco do edifício (capítulo 3.3.2.3) a definição do tipo de configuração que o SADI terá que ter, por exemplo. Os locais de risco estão descritos de seguida.

- a) Local de risco A – local que não apresenta riscos especiais, no qual se verifiquem simultaneamente as seguintes condições:
 - i. O efectivo não exceda 100 pessoas;
 - ii. O efectivo de público não exceda 50 pessoas;
 - iii. Mais de 90% dos ocupantes não se encontrem limitados na mobilidade ou nas capacidades de percepção e reacção a um alarme;
 - iv. As actividades nele exercidas ou os produtos, materiais e equipamento que contém não envolvam riscos agravados de incêndio.

- b) Local de risco B – local acessível ao público ou ao pessoal afecto ao estabelecimento, com um efectivo superior a 100 pessoas ou um efectivo de público superior a 50 pessoas, no qual se verifiquem simultaneamente as seguintes condições:
 - i. Mais de 90% dos ocupantes não se encontrem limitados na mobilidade ou nas capacidades de percepção e reacção a um alarme;
 - ii. As actividades nele exercidas ou os produtos, materiais e equipamento que contém não envolvam riscos agravados de incêndio;

- c) Local de risco C – local que apresenta riscos agravados de eclosão e de desenvolvimento de incêndio devido a actividades, equipamentos ou materiais neles existentes, designadamente à carga de incêndio;

- d) Local de risco D – local de um estabelecimento com permanência de pessoas de mobilidade ou percepção reduzidas tais como idosos, acamados, crianças com idade não superior a 6 anos;

- e) Local de risco E – local de dormida, em que as pessoas não apresentem as limitações indicadas nos locais de risco D;

- f) Local de risco F – local que possua meios e sistemas essenciais à continuidade de actividades sociais relevantes, nomeadamente os centros nevrálgicos de comunicação, comando e controlo.

3.3.2.3. Categorias e Factores de Risco

O RJSCIE, no seu Artigo 12º, define 4 categorias de risco de incêndio para as utilizações-tipo dos edifícios e recintos. Essas 4 categorias são definidas como:

- 1ª Categoria – Risco reduzido de incêndio;
- 2ª Categoria – Risco moderado de incêndio;
- 3ª Categoria – Risco elevado de incêndio;
- 4ª Categoria – Risco muito elevado.

A Tabela 7 resume de forma concisa os factores que intervêm para a definição da categoria de risco para cada utilização tipo.

Tabela 7 – Factores que intervêm para a definição das categorias de risco das utilizações tipo (Fonte: RTSCIE)

Factores de classificação	Utilizações-tipo											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Altura da utilização-tipo	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Efectivo			Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim		
Efectivo em locais de tipo D ou E				Sim	Sim		Sim		Sim			
Área bruta		Sim										
Número de pisos abaixo do plano de referência	Sim	Sim				Sim		Sim	Sim		Sim	Sim
Espaço coberto ao ar livre		Sim				Sim			Sim			Sim
Saída independente de locais do tipo D ou E				Sim	Sim		Sim					
Densidade de carga de incêndio modificada											Sim	Sim

Estas categorias são classificadas de acordo com os quadros I a X do anexo III do mesmo regulamento. De referir ainda, tal como é explícito no Artigo 13º, que a categoria de risco é a mais baixa que satisfaça os critérios referidos nos quadros anteriores.

3.3.3. Portaria no 1532/2008 de 29 de Dezembro: Disposições técnicas gerais e específicas de um sistema contra incêndio em edifícios (SCIE)

O artigo 15º do DL nº 220/2008 determina que sejam regulamentadas as condições de SCIE relativamente às disposições técnicas gerais e específicas do SCIE, mais concretamente:

- Condições exteriores comuns;
- Condições de comportamento ao fogo;
- Isolamento e protecção;
- Condições de evacuação;
- Condições das instalações técnicas;
- Condições dos equipamentos e sistemas de segurança;
- Condições de autoprotecção.

3.3.4. Cálculo da Carga de Incêndio Modificada

Para o estabelecimento das categorias de risco das UT XII é necessário o cálculo da carga de incêndio modificada, segundo o Despacho nº 2074/2009, artigo 3º. Esse cálculo será efectuado através do cálculo probabilístico, baseado em resultados estatísticos do tipo de actividade exercida no compartimento em causa. A densidade de carga de incêndio modificada pode ser calculada através das seguintes expressões:

- Para as actividades inerentes às utilizações tipo XI e XII, excepto o armazenamento:

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

em que:

q_{si} – densidade de carga de incêndio relativa ao tipo de actividade (i), definido no quadro II do despacho;

S_i – área afectada à zona de actividade (i), em m^2 ;

C_i – coeficiente adimensional de combustibilidade do constituinte combustível de maior risco de combustibilidade presente na zona de actividade (i), definido no artigo 6º do referido despacho;

R_{ai} – coeficiente adimensional de activação do constituinte combustível (i), definido no artigo 7º do despacho, em função do tipo de actividade da zona (i);

N_a – número de zonas de actividades distintas.

- Para actividades de armazenamento:

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

em que:

q_{vi} – densidade de carga de incêndio por unidade de volume relativa à zona de armazenamento (i), em MJ/m³, conforme definido no quadro II do despacho;

h_i – altura de armazenagem da zona de armazenamento (i), em m;

S_i – área afectada à zona de armazenamento (i), em m²;

C_i – coeficiente adimensional de combustibilidade relativo ao constituinte combustível armazenado na zona (i), de acordo com o artigo 6º do despacho;

R_{ai} – coeficiente adimensional de activação do constituinte combustível armazenado na zona (i), de acordo com o quadro II do despacho;

N_{ar} – número de zonas de armazenamento distintas;

3.3.5. NFPA 13

A NFPA - *National Fire Protection Association* é a mais prestigiada referência mundial em normas e regulamentos técnicos de Segurança contra Incêndio. É uma associação americana e é internacionalmente reconhecida como autoridade na temática da protecção contra incêndios. As normas e códigos publicados pela NFPA contêm directrizes que vão desde o projecto de um sistema de protecção contra incêndios até à sua instalação, passando pela sua construção e pelo funcionamento do mesmo. (<http://www.apsei.pt>).

Relativamente à NFPA 13, esta norma fornece os requisitos mínimos para o projecto e instalação de sistemas de extinção automática por água (aspersores), com o objectivo de proteger vidas humanas e bens materiais. Visa ainda o controlo do incêndio e limitar os seus impactos ao máximo.

4. Sistemas Automáticos de Detecção de Incêndios (SADI)

A combustão, devido aos factores que a provocam já falados, pode ser identificada de várias formas. Qualquer indivíduo, através do olfacto e da visão, consegue facilmente detectar a existência de um incêndio. No entanto, é muito mais prático existirem dispositivos que, de uma forma mais ou menos autónoma, possam detectar os incêndios e accionar os dispositivos para o combater.

Esses dispositivos, denominados vulgarmente de detectores de incêndios, não conseguem ser totalmente fiáveis. Segundo *Resende (2009)*, a construção destes detectores enfrenta muitas dificuldades, tais como:

- A manifestação da existência de um fogo pode variar bastante; por exemplo, alguns materiais ardem intensamente praticamente sem produzir fumo, enquanto fogos latentes não têm chama visível e geralmente produzem pouco calor;
- De forma a evitar falsos alarmes, as grandezas que se encontram a ser monitorizadas pelos detectores, não só têm de chegar até ao detector, mas também é necessário impor um limiar e/ou uma taxa de variação antes de dar o alarme. Mesmo assim, é possível acontecerem mudanças nos compartimentos protegidos pela detecção automática que imitem as condições de incêndio, levando a falsos alarmes;
- A distância atrasa substancialmente a detecção, pois as mudanças causadas pelo fogo sentem-se menos à medida que a distância aumenta. Dessa forma, um incêndio que comece num compartimento sem detectores poderá só ser detectado, pelo detector mais próximo, tarde demais.

Tal como é referido na NT nº 12 da ANPC, um sistema automático de detecção de incêndios (SADI) é uma instalação técnica capaz de identificar o início de um incêndio e transmitir as informações do mesmo a uma central de detecção de incêndios (CDI), sem intervenção humana. Consegue dar o alarme automaticamente (local e restrito, geral e à distância) e accionar todos os comandos imediatos ou temporizados necessários à segurança contra incêndios dos ocupantes e do edifício onde está instalado. Esses comandos passam por fechar portas resistentes ao fogo, comandar elevadores, accionar SAEI, comandar ventiladores, desbloquear retentores, entre outros.

4.1. Configuração de um Sistema Automático de Incêndios

A configuração tipo de um SADI é apresentada na figura seguinte.

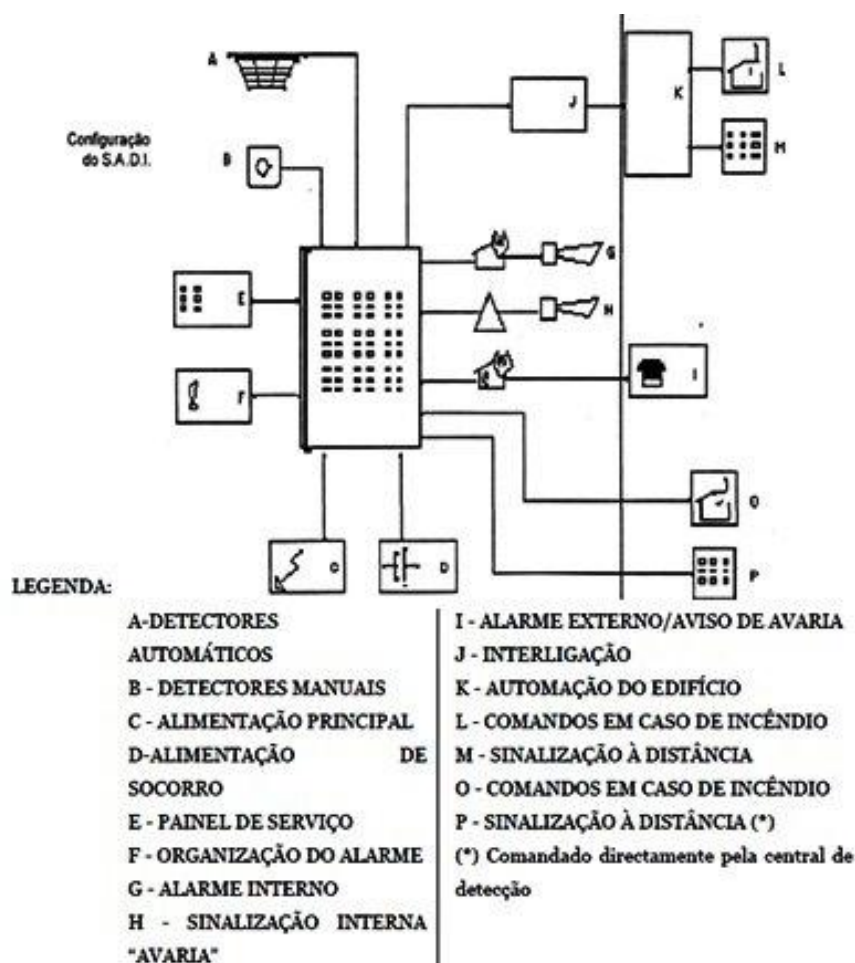


Figura 11 – Configuração tipo de um SADI (Fonte: NT n° 12 ANPC)

O sistema pode estar definido em duas situações distintas. A situação “dia”, que permitirá o reconhecimento e a confirmação do alarme, e a situação “noite” em que as temporizações poderão estar anuladas e o alarme às forças de socorro ser imediato.

A CDI deve possuir duas detecções programáveis: a de presença, que corresponde à aceitação do alarme por parte do operador, e à de reconhecimento, que corresponde à confirmação local do alarme. Na Figura 12 é apresentado um fluxograma da organização de um SADI, onde se considera que qualquer alarme originado num botão alarme é sempre verdadeiro (pois é accionado por uma pessoa), enquanto que um alarme originado por um detector automático necessita de verificação, se o sistema estiver na situação “dia”.

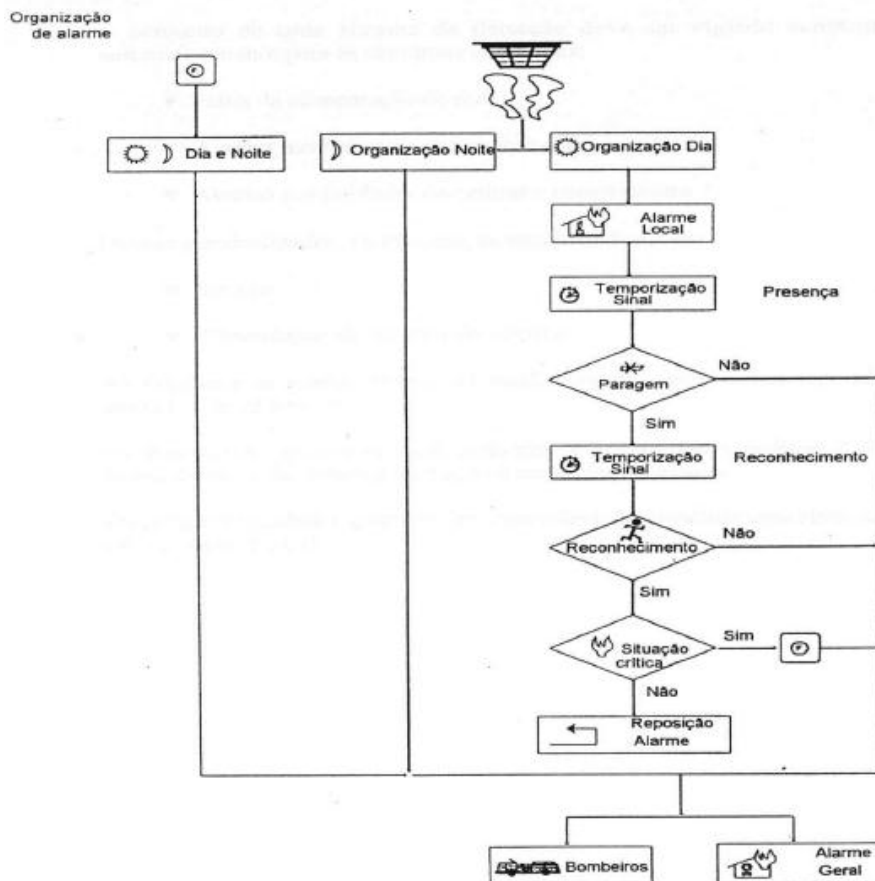


Figura 12 – Fluxograma de organização de alarme (Fonte: NT n° 12 ANPC)

4.2. Composição e Funcionamento dos Detectores Automáticos de Incêndio

Segundo *Resende (2009)*, de maneira geral os detectores automáticos de incêndio podem ser divididos em três partes

1. Sensor;
2. Tratamento da informação recebida;
3. Transmissão da informação.

Ao contrário dos detectores de intrusão, que ao detectarem um intruso informam a central através da passagem de um contacto aberto para um contacto fechado, os detectores de incêndios medem a evolução de um parâmetro físico ou químico ao qual o sensor se encontra adaptado (fumo, temperatura, chama ou gás) e transforma-o num sinal eléctrico utilizável (normalmente corrente ou tensão).

A parte de tratamento da informação recebida analisa a informação fornecida pelo sensor e faz a distinção entre os estados de repouso, interrupção ou alarme. Como é lógico, em caso de detecção, a corrente ou tensão aumentam relativamente aos seus valores em repouso.

Por último, ao ser detectado um incêndio, o detector envia informações que representam estados de serviço, de acompanhamento, de perturbação ou de alarme de incêndio dos equipamentos de controlo e de sinalização para a central de sinalização, que posteriormente poderá accionar os SAEI ou o quartel de bombeiros mais próximo.

Os detectores automáticos de incêndios têm que ser obrigatoriamente bastante fiáveis para não só poderem detectar um incêndio na sua fase inicial, bem como não transmitirem falsos alarmes. Não poderá, dessa forma, ser sensível a outros acontecimentos sem ser àqueles para os quais estão dimensionados e deverão ainda avisar de forma clara e célere qualquer anomalia no seu funcionamento. Na Figura 13 é possível observar a constituição genérica de um detector de incêndios térmico e de fumo.

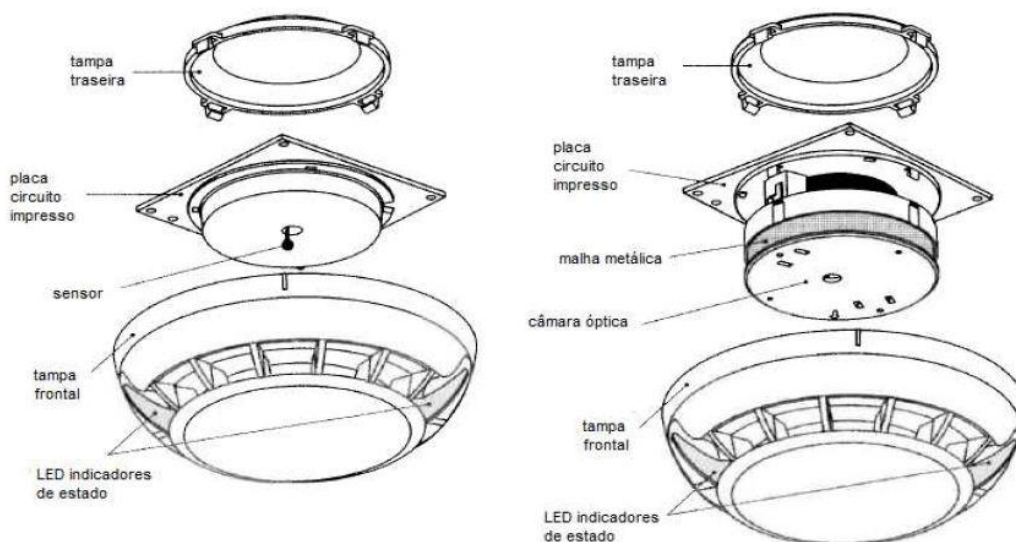


Figura 13 – Constituição do detector de incêndios térmico (esquerda) e fumo (direita) (Fonte: Resende,2009)

4.3. Tipos de Detectores

No mercado existem quatro tipos de detectores automáticos de incêndio: detectores de calor, de fumo, de gás e de chama. Actualmente, já existem detectores que combinam mais do que um tipo de detecção, conjugando dois ou mais tipos de indicadores de incêndio (fogo/chama ou fogo/gás/chama, por exemplo).

Segundo *Gomes (2008)*, os detectores automáticos mais utilizados são os detectores de fumos e de temperatura (calor ou térmicos) que permitem, de um modo geral, cobrir as necessidades de detecção de um incêndio. De seguida, serão abordados de uma maneira geral os quatro tipos de detectores referidos anteriormente.

4.3.1. Detectores de Calor ou Térmicos

Este tipo de detectores é o sistema mais antigo de detecção automática de incêndios. Como vantagem, são bastante fiáveis, tendo a menor taxa de falsos alarmes de todos os sistemas. No entanto, a detecção acontece numa fase avançada do incêndio, o que pode já ser perigoso para bens humanos e materiais. Assim, são aplicados em espaços confinados e pequenos, onde se esperem fogos de alta temperatura e rápidos e ainda quando não seja possível implementar outro tipo de detector ou não seja necessário um

alarme precoce. Devem ser instalados no tecto, pois a sua resposta utiliza a energia térmica que resulta do fenómeno de convecção do fogo.

Existem várias concepções de detectores térmicos existentes. Todas essas concepções aproveitam os fenómenos físicos e químicos causados pelo fogo, como a fusão de metais, a dilatação em sólidos, gases e líquidos, e ainda efeitos termoeléctricos. No entanto, existem dois tipos principais de detectores térmicos de que se fala de seguida: os detectores de máxima temperatura e os detectores velocimétricos.

- Detectores de máxima temperatura

Os primeiros actuam quando o sensor presente no dispositivo (termístor) reconhece uma temperatura acima do limite pré-fixo. Dependendo da velocidade a que evolui o incêndio, a temperatura no espaço onde se deu o incêndio pode já ser consideravelmente mais alta que a temperatura limite do detector porque demora algum tempo até o ar elevar a temperatura do material sensor. Este fenómeno é definido por atraso térmico. Pode-se também perceber que a temperatura ambiente do espaço influencia a actuação deste tipo de detectores, pois num ambiente frio o detector de máxima temperatura demorará mais tempo a actuar.

- Detectores velocimétricos

Relativamente aos detectores velocimétricos, estes reagem com uma variação da temperatura no local (normalmente uma elevação de 10°C por minuto). Assim, estes detectores não devem ser instalados em locais onde se prevejam rápidas mudanças de temperatura (cozinhas comerciais, lavandarias) visto que mesmo para baixas temperaturas, se ocorrer a variação pré-definida de temperatura, o alarme será dado se a temperatura aumentar bruscamente.

Dentro dos detectores velocimétricos, podem-se encontrar os detectores pneumáticos, que utilizam a expansão sofrida pelo ar dentro de um tubo (ou câmara) que, quando aquecido, exerce força sobre uma membrana que faz com que o circuito eléctrico de alarme seja fechado. Estes detectores estão dotados de pequenos orifícios para prevenir falsos alarmes em caso de aumentos lentos da temperatura ambiente ou quedas na pressão atmosférica.

Existem ainda os detectores termoeléctricos que utilizam um ou mais termístores que alteram a sua resistência eléctrica em resposta a uma alteração de temperatura. A configuração mais usual deste tipo de detectores apresenta dois termístores, um exposto às mudanças de temperatura ambiente e outro que serve como referência. Ao dar-se o incêndio, a temperatura do termístor exposto sobe mais rapidamente que a do termístor de referência e essa alteração é registada pelo circuito eléctrico do detector, accionando dessa forma o alarme. É comum ainda que este tipo de detectores possua detecção por temperatura máxima.

A Figura 14 representa as condições normais de um detector térmico bem como o estado de um detector velocimétrico (variação brusca de temperatura) e de um detector de máxima temperatura (temperatura fixa).

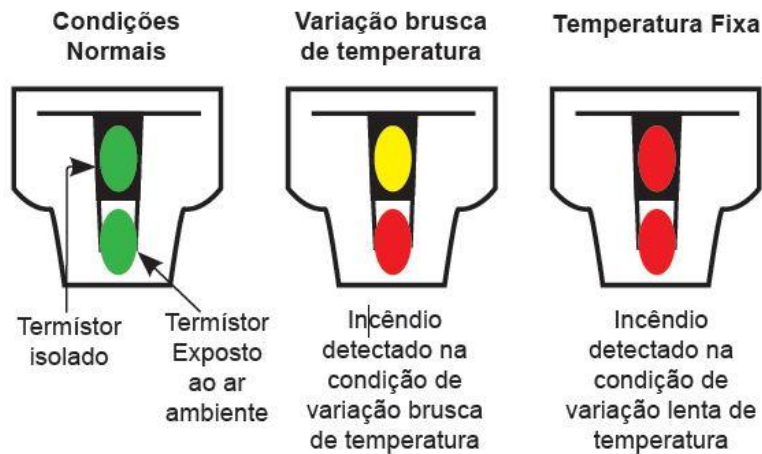


Figura 14 – Detector termovelocimétrico (Fonte: *Ficha Técnica nº13, APSEI*)

4.3.2. Detectores de Fumo

Os detectores ópticos de fumo são vocacionados para detectar incêndios na sua fase mais primária, quando os fumos ainda são brancos. Isto devido ao facto de as primeiras partículas indicadoras de incêndio terem diâmetros da ordem de 0,01 a 10 μm , que são transportadas até ao tecto pelas correntes ascensionais de ar aquecido.

De uma maneira geral, os detectores de fumos dão uma resposta consideravelmente mais rápida que os detectores de temperatura. Têm a particularidade de não detectarem os fumos provenientes da combustão de líquidos inflamáveis, como o álcool, pelo que não devem ser utilizados em sítios onde se prevejam fogos com este tipo de combustíveis. Por serem muito sensíveis a poeiras, não são indicados para sítios onde se verifiquem a libertação de poeiras, fumos e vapores.

Os detectores de fumo podem ser de três tipos: detectores ópticos, detectores por aspiração e detectores iónicos.

4.3.2.1. Detectores ópticos

A detecção de incêndio através de detectores ópticos de fumo pode ser feita através de duas formas: por difusão da luz ou absorção da luz. Tanto por difusão como por absorção de luz, os detectores necessitam de ter sempre uma fonte luminosa e uma célula fotoelétrica receptora de luz. Estes componentes encontram-se dentro de uma câmara onde não entra qualquer luz exterior mas apenas o fumo proveniente de um possível incêndio.

Nos detectores de fumo por dispersão de luz, o fumo ao entrar no detector provoca a reflexão da luz incidente para a célula fotoelétrica. Isto acontece pois no estado de repouso, a célula não recebe luz na fonte emissora. As partículas de fumo, ao entrarem no detector, vão cruzar o feixe luminoso e provocam a sua difracção, activando a célula fotoelétrica e conseqüentemente activando o alarme. A Figura 15 ilustra este tipo de detector.

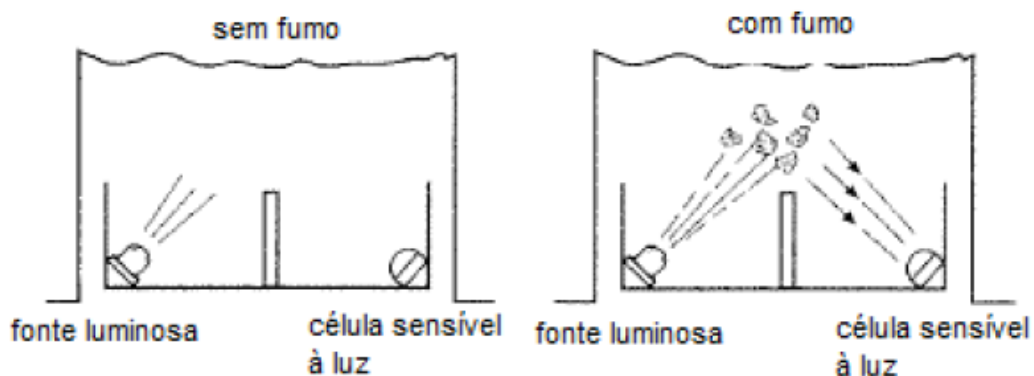


Figura 15 – Detector de fumo por dispersão de luz (Fonte: Resende (2009))

Quanto aos detectores de fumo por absorção de luz, estes funcionam de maneira contrária aos detectores falados anteriormente. O alarme é originado quando o feixe de luz, que está continuamente a incidir na célula fotoelétrica, é obscurecido (devido às partículas de fumo que entram no detector) o que faz com que haja diminuição de corrente e conseqüente alarme. É necessário garantir que o local de instalação deste tipo de detector não é vulnerável a falsos alarmes (intrusão de partículas que possam cruzar o feixe de luz). No entanto, se isso acontecer, o alarme não dispara imediatamente, mas soa um aviso em primeiro lugar. Da mesma forma, é necessário garantir no momento da instalação dos detectores que as superfícies dos mesmos são estáveis pois a variação destas poderá desviar o feixe luminoso do receptor, fazendo soar o alarme. A Figura 16 representa a instalação e funcionamento deste detector.

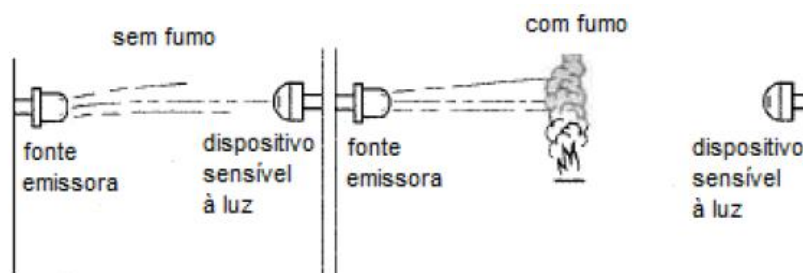


Figura 16 – Detector de fumo por absorção de luz (Fonte: Resende (2009))

4.3.2.2. Detectores por aspiração

Os detectores por aspiração são o sistema de detecção de incêndios mais recente que existe actualmente no mercado. São detectores dispendiosos e bastante sensíveis, indicados para locais onde seja necessário uma detecção precoce de incêndio e onde o pé-direito seja bastante alto.

No que diz respeito ao funcionamento deste tipo de detectores, estes utilizam uma rede de tubagens espalhadas no tecto do local que aspira e analisa (através de um módulo de detecção) continuamente o ar da sala. Essa aspiração é feita através de um ventilador e o sistema possui também um filtro que remove as partículas de pó e sujidade. No módulo de detecção existe um feixe de luz e, à semelhança do que acontece com os detectores ópticos de fumo, quando o ar possui partículas de fumo, a luz é reflectida o que faz gerar uma comunicação com o painel de controlo do módulo

dando assim origem ao alarme. Este detector é munido de um sistema que compara o ar recolhido com variáveis conhecidas de perturbação do detector, o que permite evitar falsos alarmes.

A Figura 17 apresenta de modo simplificado este tipo de detectores.

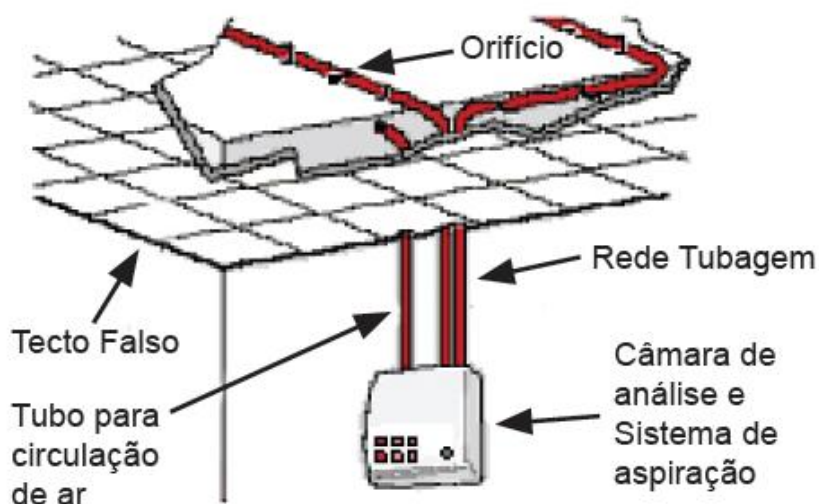


Figura 17 – Detectores por aspiração (Fonte: Ficha Técnica n°26, APSEI)

Como a figura anterior demonstra, este tipo de sistema utiliza uma rede de tubagens espalhadas no tecto do local a proteger (tubagem vermelha) que aspira e analisa (através de um módulo de detecção) continuamente o ar da sala. Essa aspiração é feita através de um ventilador e o sistema possui também um filtro que remove as partículas de pó e sujidade. No módulo de detecção existe um feixe de luz e, à semelhança do que acontece com os detectores ópticos de fumo e, quando o ar possui partículas de fumo, a luz é reflectida, o que faz gerar uma comunicação com o painel de controlo do módulo dando assim origem ao alarme. Para evitar falsos alarmes, este detector é munido de um sistema que compara o ar recolhido com variáveis conhecidas de perturbação do detector.

4.3.2.3. Detectores iónicos

Os detectores de fumo iónicos não são utilizados actualmente pois são providos de uma fonte radioactiva que ioniza o ar dentro de uma câmara, tornando-o condutor e permitindo a criação de uma corrente eléctrica que percorre o ar entre dois eléctrodos. Ao entrar na câmara de ionização, as partículas de fumo alteram a corrente de iões o que provoca uma redução na condutância do ar e na corrente eléctrica. Ao verificar essa diminuição de corrente, o detector acciona o alarme. A Figura 18 mostra um detector iónico de fumos da marca *Samtek*.



Figura 18 – Detector iónico de fumos (Fonte: <http://www.samtek.com.br>)

4.3.3. Detectores de Gás

Este tipo de detectores controla os gases típicos de combustão na atmosfera de um local. Não são muito utilizados pois são concebidos para detectar apenas alguns gases de combustão que seriam libertados em casa de incêndio, podendo ignorar outros gases que sejam produtos de fogos que existam no compartimento alvo da protecção. São úteis em locais onde existam fogos controlados.

Têm duas configurações diferentes: através de um elemento catalítico, o qual acelera a oxidação dos gases combustíveis, que faz aumentar a temperatura no interior do detector, originando assim o alarme; através de um semiconductor, onde este é alvo de alteração da sua condutividade conforme os gases são oxidantes ou redutores.

4.3.4. Detectores de Chama

Este tipo de detectores utiliza a radiação emitida pelo fogo para detectar um incêndio. Pelo facto de detectarem a energia radiante proveniente da queima dos combustíveis, estes detectores são considerados de acção rápida, podendo detectar um incêndio mais rápido que um detector de fumo ou de temperatura. Não são adequados, no entanto, para incêndios de combustão lenta, sendo por essa razão preteridos em relação aos outros detectores. São usados, em zonas de armazenamento e transferência de combustível, áreas de processamento industrial e em situações nas quais podem ocorrer explosões ou fogos de evolução muito rápida.

Estes detectores podem funcionar através da detecção de radiação ultravioleta, radiação infravermelha ou a combinação das duas. A Figura 19 representa um detector de chamas actual.



Figura 19 – Detector de chama (Fonte: <http://www.shsistemas.pt>)

4.3.5. Detectores Multisensor

Actualmente, existe a possibilidade de, num só detector haver dois modos de detecção diferentes (de fumo e de temperatura, por exemplo) podendo o alarme ser dado por conjugação das duas detecções (com a existência de fumo e com o aumento da temperatura no local) ou apenas com uma detecção.

Este tipo de detectores é utilizado em locais onde possam acontecer incêndios de diferentes características (com combustíveis variados), sendo possível diminuir o custo da protecção contra incêndios.

Existem ainda detectores que podem detectar um incêndio através de três formas de detecção: óptica, térmica e química. Um exemplo deste tipo de detector pode ser visto na Figura 20.



Figura 20- Detector multisensor óptico, térmico e químico (Fonte: <http://www.boschsecurity.com>)

4.4. Distribuição dos Detectores

A distribuição dos detectores nos espaços abrangidos pelo SADI é uma fase do projecto bastante importante. O posicionamento destes deve permitir a detecção de um possível incêndio dentro da área protegida o mais rapidamente possível.

Relativamente aos detectores ópticos, a NT nº 12 da ANPC refere alguns factores a serem levados em conta na sua distribuição:

- Área protegida;
- Distância entre qualquer ponto na área vigiada e o detector mais próximo;
- Proximidade de paredes;
- Altura e configuração do tecto;
- Movimento do ar da ventilação;
- Quaisquer obstruções ao movimento por convecção dos produtos resultantes do incêndio.

No edifício que será estudado, apenas existem tectos planos, pelo que se considerou a Tabela 8 que define os limites de altura dos rectos e raios de acção dos detectores ópticos e térmicos.

Tabela 8 – Limites de altura dos tectos e raio de acção (Fonte: NT Nº12 ANPC)

	Altura do tecto – h (m)					
	$4,5 \leq h$	$4,5 \leq h \leq 6$	$6 > h \leq 8$	$8 > h \leq 11$	$11 > h \leq 25$	$h > 25$
Tipo de detector	Raio de acção (m)					
Térmicos: EN 54-5: Grau 1	5	5	5	NN	NU	NU
Fumo: Pontual: EN 54-7	7,5	7,5	7,5	7,5	NN	NU
Feixe: EN 54-12	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5 ^{a)}	NU
NU – Não utilizável para esta gama de alturas. NN – Normalmente não utilizável para esta gama, mas pode ser utilizado em aplicações especiais						
a) Será normalmente necessária uma segunda camada de detectores a aproximadamente metade da altura do tecto.						

Segundo o *Guide to Conventional Fire Systems*, que segue a norma inglesa BS5839, uma possível configuração de detectores ópticos de fumo e térmicos é apresentada na Figura 21.

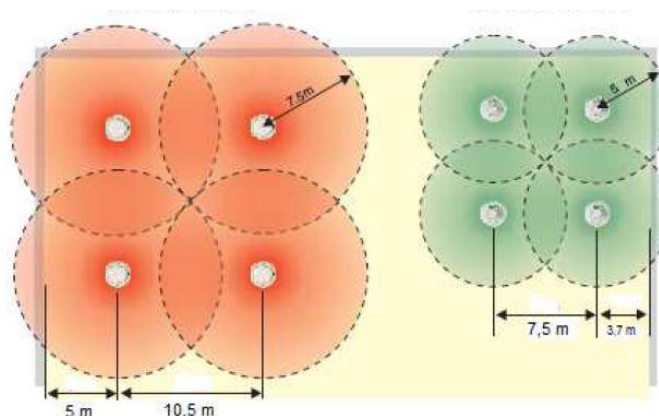


Figura 21 – Espaçamento entre detectores de fumo (à esquerda) e detectores térmicos (à direita) (Fonte: *Guide to Conventional Fire Systems, System Sensor*)

Em alternativa à tabela anterior, é referido outro método para determinar a localização dos detectores térmicos e de fumos, tal como vem referido na NT n° 12 da ANPC. Esse método é especificado na CEA 4040 de Julho de 2003 e é função da área máxima de vigilância de um detector (A_{max}), que se apresenta na Tabela 9.

Tabela 9 – Distribuição dos detectores de fumo e ópticos segundo a CEA 4040 de Julho de 2003 (Fonte: *NT n° 12 ANPC*)

Área total do compartimento a proteger (m^2)	Tipo de detector	Altura do compartimento (m)	Inclinação do tecto	
			$\leq 20^\circ$	$> 20^\circ$
			A_{max} (m^2)	A_{max} (m^2)
≤ 80	Fumos *	≤ 12	80	80
> 80	Fumos*	≤ 6	60	90
		$6 \leq 12$	80	110
≤ 30	Térmico grau 1 A1 **	$\leq 7,5$	30	30
	Térmico Grau 2 ** A2,B,C,D,E,F e G	≤ 6		
	Térmico Grau 3 **	$\leq 4,5$		
> 30	Térmico grau 1 A1 **	$\leq 7,5$	20	40
	Térmico Grau 2 ** A2,B,C,D,E,F e G	≤ 6		
	Térmico Grau 3 **	$\leq 4,5$		

*EN54-7

**EN54-5

A partir dos valores de A_{max} , consoante for o caso pretendido, calcula-se a área de vigilância (A_n) de acordo com a expressão seguinte:

$$A_n = K \times A_{max} \quad (3)$$

em que o valor de K é o factor de risco e é dado pela tabela que se segue:

Tabela 10 – Valores do factor de risco (K) (Fonte: NT n° 12 ANPC)

Local de Risco	Categoria de Risco	Coefficiente K
A e B	1ª a 4ª	1
C	1ª a 4ª	0,6
D	1ª a 4ª	0,6
E	1ª a 4ª	0,6
F	1ª a 4ª	0,3

5. Sistemas Automáticos de Extinção de Incêndios (SAEI)

Os SAEI têm como objectivo, em caso de incêndio, projectar automaticamente um agente extintor de forma a extingui-lo ou a impedir a sua propagação, minimizando os seus danos até à actuação da força humana, se assim for necessário. Desempenham também a função de vigilância contínua do espaço onde estão instalados.

Os agentes extintores são, em geral:

- Água (aspersores);
- Espuma;
- Pó químico seco;
- Gases limpos (Dióxido de carbono/outras gases inertes e sintéticos).

5.1. Sistema de Extinção por Água

Os aspersores (comumente designado por *sprinklers*) têm como base tubagens normalmente instaladas no tecto, onde estão montados estes componentes. A sua distribuição e espaçamento são feitos de acordo com o local a proteger. Um sistema de extinção de incêndios por aspersores é constituído por:

- **Aspersores** – São dispositivos automáticos que permitem a distribuição de água numa determinada área de forma uniforme. A sua activação dá-se através de um elemento termosensível (ampola de vidro ou termofusível) que actua conforme uma temperatura pré-determinada (Figura 22).



Figura 22 – Aspersor com termofusível em posição pendente (Fonte: <http://trisafesolutions.com>)

- **Posto de controlo** – Juntamente com os aspersores, são os equipamentos mais importantes da instalação, pois são os únicos intervenientes no funcionamento automático da mesma. Do posto de controlo fazem parte a válvula principal de alarme, os dispositivos de alarme, câmara de retardo, manómetros e outros acessórios opcionais (pressóstato). A Figura 23 apresenta de forma esquemática um posto de controlo de uma instalação de aspersores.

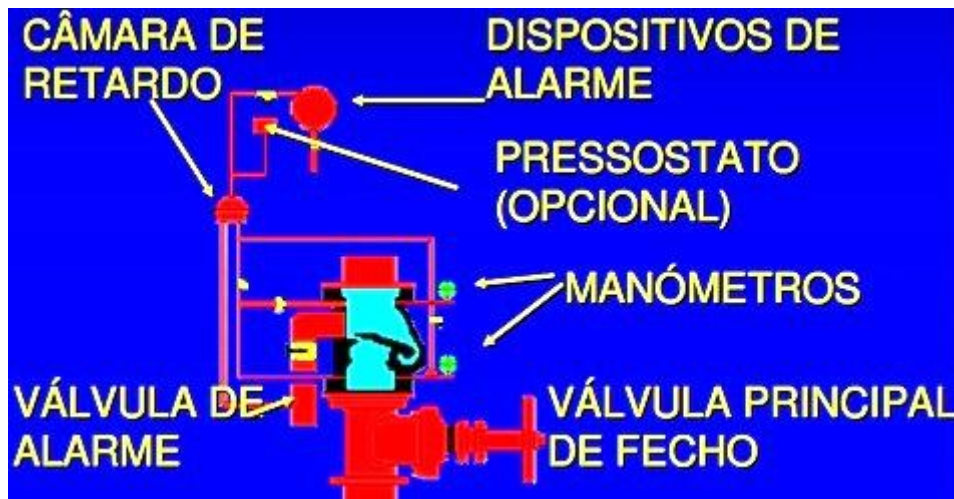


Figura 23 – Posto de controlo (Fonte: José Pedro Lopes, *Técnicas de Protecção Civil II, ESTGB*)

- **Rede de tubagens** – É através da rede de tubagens que a água chega aos aspersores. Esta rede depende das condições arquitectónicas do edifício e da construção envolvente da área a proteger. A rede é constituída por uma coluna principal, ramal principal, ramais secundários e ramais simples, onde estão instalados os aspersores.

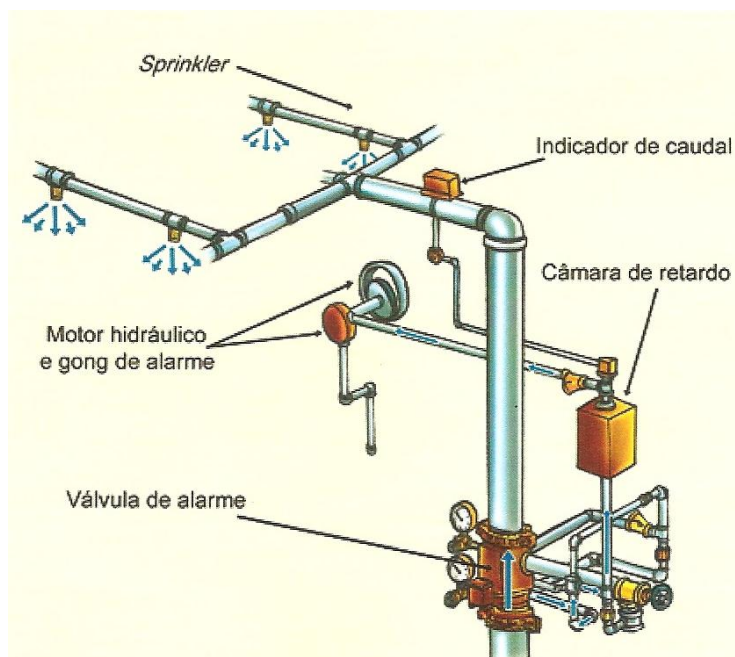


Figura 24 – Esquema de um sistema de aspersores (Fonte: António M. Guerra, *Manual de Brigadas de Incêndio, 2007*)

Deste sistema fazem ainda parte a fonte abastecedora de água (ou depósito/reservatório) e a central de bombagem, sobre os quais se falará noutro capítulo.

O artigo 174º do RT-SCIE estabelece, para cada utilização-tipo, os critérios gerais de dimensionamento de um sistema de aspersores, sem prejuízo de outros valores mais gravosos estabelecidos em legislação própria, tal como se pode ver na Tabela 11.

Tabela 11 – Critérios de dimensionamento de sistemas fixos de extinção por água (Fonte: RTSCIE)

Utilização-Tipo	Densidade de descarga (L/min/m ²)	Área de operação (m ²)	Nº de aspersores em funcionamento simultâneo	Calibre de aspersores (mm)	Tempo de descarga (min)
II	5	144	12	15	60
III,VI,VII,VIII	5	216	18	15	60
XII*	10	260	29	20	90

*Incluindo sistemas tipo dilúvio previstos para a utilização-tipo VI, com um tempo de descarga de 30 min

5.1.1.1. Configuração dos Sistemas Automáticos de Incêndios por Água

As instalações de extinção por água podem ser agrupadas da forma que se segue:

- Instalações standard: Os aspersores estão dotados de um elemento detector térmico (termofusível ou ampola de vidro) em que actua elemento a elemento, por acção do calor, em função da evolução do incêndio. Podem ser divididas em quatro tipos:
 - Sistema Húmido: O sistema possui, permanentemente, água sobre pressão no interior das condutas de toda a rede. A água provém de uma fonte abastecedora de água sendo que esta é descarregada imediatamente quando os aspersores abrem pela acção do calor do incêndio
 - Sistema Seco: Os aspersores estão instalados em tubagens que contém ar comprimido, de modo a que o posto de comando mantém a água a montante de si, só abrindo depois de um ou mais aspersores actuarem, provocando a perda de pressão do ar. São bastante utilizadas em locais onde haja perigo de a água congelar nas tubagens,
 - Sistema Alternado: Pode operar como sistema seco ou sistema húmido, consoante a época do ano. São sistemas mais dispendiosos.
 - Sistema de Pré-acção: É combinado com um SADI. Há três tipos de sistemas, o não interbloqueado, o interbloqueado simples e o interbloqueado duplo. É um sistema utilizado quando não se pretende a presença permanente de água num determinado espaço, mas somente em caso de incêndio.

- Instalações dilúvio: Possuem aspersores permanentemente abertos (não possuem detectores térmicos). Desta forma, só podem operar em paralelo com um SADI que cubra a área protegida pelo sistema mediante accionamento por comando manual

5.1.1.2. Classificação dos Riscos

Para dimensionar um sistema de aspersores (tipo de instalação e necessidades de abastecimento de água), é necessário analisar o risco de incêndio e dos produtos fabricados e/ou armazenados no espaço a proteger.

Existem duas normas pelas quais se pode analisar esta situação, a EN 12845 e a NFPA 13, que serão abordadas de seguida.

A norma europeia EN 12845 atribui classes de risco aos edifícios ou áreas a proteger contendo produtos e risco de incêndio da seguinte forma:

- Risco Ligeiro (RL): Atribuído a ocupações não industriais com baixo risco de incêndio e combustibilidade, em que áreas superiores a 126 m² têm que possuir uma envolvente com resistência ao fogo superior a 30 minutos. Exemplos de locais de risco ligeiro: Escolas e outros estabelecimentos de ensino (certos espaços), edifícios administrativos (certos espaços) e prisões.
- Risco Ordinário (RO): Atribuído a indústrias e armazéns onde são processados ou fabricados materiais com risco médio de incêndio e média combustibilidade. Este tipo de risco subdivide-se em quatro classes:
 - RO₁ – São exemplos deste tipo de risco ordinário: Fábricas de cimento, matadores, hotéis, restaurantes, escolas, entre outros;
 - RO₂ – São exemplos deste tipo de risco ordinário: Laboratórios e indústrias de produtos fotográficos, padarias, fábricas de doces, cervejarias, lavandarias, museus, entre outros;
 - RO₃ – São exemplos deste tipo de risco ordinário: Fábricas de vidros, de sabão, de electrónica, de frigoríficos, de açúcar. Moagens, gares de caminhos-de-ferro, oficinas de encadernação, fábricas de papel, tipografias, carpintarias, entre outros.
 - RO₄ – São exemplos deste tipo de risco ordinário: Fábricas de cera, de fósforos, de tabaco, de cordame. Destilarias de álcool, cinemas e teatros, salas de concertos, reciclagem de papel, fábricas de contraplacado, entre outros.

- Risco Grave na Produção (RG_P): Para indústrias com elevados riscos de combustibilidade e possibilidade de desenvolvimento rápido do fogo. Tal como o risco ordinário, é dividido em quatro categorias:
 - RG_P1 – São exemplos deste tipo de risco ordinário: fábricas de revestimento em tecido e linóleo, tintas e vernizes, resinas e aguarrás, derivados da borracha, prensados de madeira.
 - RG_P2 – São exemplos deste tipo de risco ordinário: fábricas de isqueiros, espumas plásticas e de borracha e de produção de alcatrão.
 - RG_P3 – São exemplos deste tipo de risco ordinário: fábricas de nitrato celuloso.
 - RG_P4 – São exemplos deste tipo de risco ordinário: fábricas de fogo-de-artifício.

- Risco Grave no Armazenamento (RG_A): para armazenamento de produtos em alturas superiores às admitidas para os RO. Esta classe de risco subdivide-se também em 4 grupos: RG_A1; RG_A2; RG_A3; RG_A4.

Relativamente à norma norte-americana NFPA 13, esta classifica os riscos da maneira que se segue:

- Risco ligeiro (Light Hazard Occupancies): Atribuído quando a quantidade e ou a combustibilidade dos conteúdos é baixa e o risco de incêndio é fraco.

- Risco ordinário (Ordinary Hazard Occupancies) – Este risco subdivide-se em 2 grupos:
 - Grupo 1: Quando a quantidade de materiais é baixa, a combustibilidade é moderada, assim como o risco de incêndio;
 - Grupo 2: Quando a quantidade e a combustibilidade são moderadas mas o risco de incêndio é entre moderado e elevado;

- Risco grave (Extra Hazard Occupancies): Este risco também é dividido em 2 grupos:
 - Grupo 1: A quantidade e combustibilidade dos conteúdos são muito altas e há um desenvolvimento rápido do incêndio, mas com a presença fraca ou nula de líquidos combustíveis ou inflamáveis;
 - Grupo 2: A quantidade e a combustibilidade dos conteúdos são muito altas e há um desenvolvimento rápido do incêndio, mas com a presença de líquidos combustíveis ou inflamáveis.

- Risco pesado (*Special Hazard Occupancies*): compreende as ocupações comerciais ou industriais, onde se armazenam líquidos inflamáveis ou combustíveis, produtos de alta combustibilidade, como: borracha, papel, espumas celulares ou materiais comuns com uma altura de armazenagem superior a 3,7 m.

A utilização da EN12845 ou da NFPA13 depende da escolha do projectista. Em Portugal, ambas as normas são utilizadas, visto que muitas companhias de seguro internacionais impõem que o projecto de sistema de extinção automático de incêndios esteja de acordo com o definido pela norma norte-americana. Existem algumas diferenças entre as duas normas, como por exemplo a existência ou não de aspersores em espaços fechados que não possuam materiais combustíveis, em que a norma europeia defende que se devam instalar aspersores nesses espaços enquanto que a NFPA 13 refere que essa instalação só é necessária se o edifício no seu todo possuir matérias de construção combustíveis. No caso concreto deste trabalho será dada maior importância à norma NFPA 13 pois será a norma utilizada no dimensionamento do sistema da rede de aspersores.

5.1.1.3. Metodologia de Dimensionamento

De acordo com a regulamentação, o edifício em estudo será dotado de uma rede de aspersores, para protecção das utilizações-tipo II e XII. Relativamente à utilização-tipo III, por ser da 1ª categoria de risco, não é necessária a protecção com este tipo de extinção.

Os aspersores a serem instalados nesta unidade industrial são do tipo verticais (*upright*) de cobertura padrão. A escolha do tipo de *aspersor* poderia ter sido incidido no *aspersor* tipo *ESFR* (*Early Suppression Fast Response*), indicado para aplicação em riscos graves, no entanto a escolha recaiu sobre o *aspersor* padrão pois além de serem os mais utilizados na indústria, os *ESFR* apresentam bastantes restrições no seu posicionamento, para além de requerem bombas mais potentes. A escolha do tipo de *aspersor upright* prende-se com o facto de nesta disposição evita-se a acumulação de sujidade nas cabeças difusoras e embates inadvertidos nos aspersores. O sistema será do tipo standard húmido, não havendo a necessidade de instalar um sistema seco pois na localização da gráfica não existe perigo de congelamento da água na tubagem. O *aspersor* será de ampola de vidro vermelha, com uma temperatura de actuação de 68°C, como é habitual nas instalações de aspersores em Portugal.

Para o dimensionamento da rede de aspersores recorreu-se à norma NFPA 13, sempre respeitando o que vem exposto no RT-SCIE, nomeadamente na Tabela 11. O dimensionamento pode ser feito através de tabelas, em que são atribuídos os valores estabelecidos pelas normas no que se refere aos diâmetros nominais de todas as tubagens, pressões e caudais, em função da classe de risco do local, do material das tubagens e do número de aspersores, ou por cálculo hidráulico. Este método fornece valores mais exactos e aplica-se a qualquer classe de risco e baseia-se no cálculo da perda de carga, de modo a garantir uma determinada densidade libertada pelo *aspersor* mais desfavorável, isto é, o mais afastado da subida principal, cujo valor está

regulamentado na regulamentação nacional, mas também se encontra normalizado na NFPA 13, em função da classe de risco

Tal como foi explicado no capítulo anterior, é necessário classificar o local de risco do espaço a proteger. No caso específico em estudo, os três espaços foram classificados com o Risco Grave (*Extra Hazard Occupancies*) – Grupo 2. Segundo a norma, a área máxima a proteger com esta classificação de risco é de 3716 m², valor bastante superior a qualquer uma das áreas dos três espaços em estudo (“Armazém 0”, “Armazém 1” e “Sala da Pré-Press”).

Sabendo a classificação de risco do local, é necessário saber qual a área máxima de cobertura de um aspersor e do espaçamento máximo e mínimo entre aspersores. Estes valores podem ser retirados na Tabela 12.

Tabela 12 – Área máxima de cobertura de um aspersor e espaçamentos entre aspersores (Fonte: NFPA 13)

Risco	Área máxima de cobertura de um aspersor (m ²)	Espaçamento máximo entre aspersores (m)	Espaçamento mínimo entre aspersores (m)
Grave	12*	4,6	1,8

*Para tipo de aspersor padrão e tecto liso e incombustível

No passo seguinte é necessário definir o esquema da rede de aspersores. A definição deste esquema não tem relevância do ponto de vista hidráulico, havendo apenas uma pequena diferença no custo que poderá aumentar em edifícios de maiores dimensões.

Nas figuras seguintes são apresentados os diversos esquemas utilizados nas redes de aspersores.

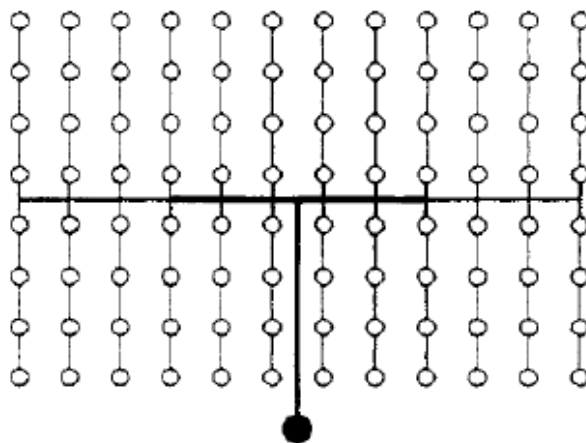


Figura 25 – Alimentação central com ramal central (Fonte: Trindade (2009))

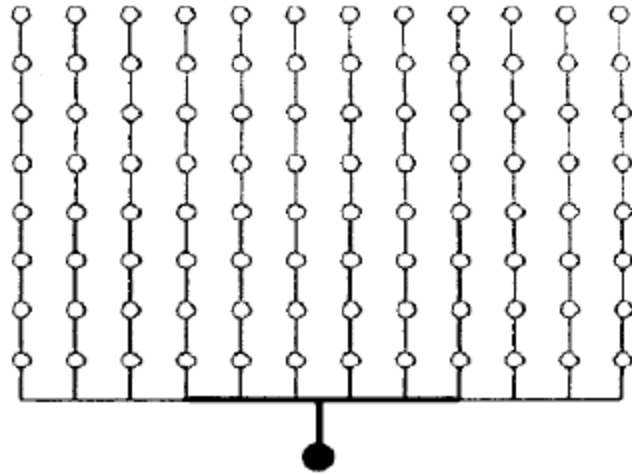


Figura 26 – Alimentação com ramal lateral (Fonte: *Trindade (2009)*)

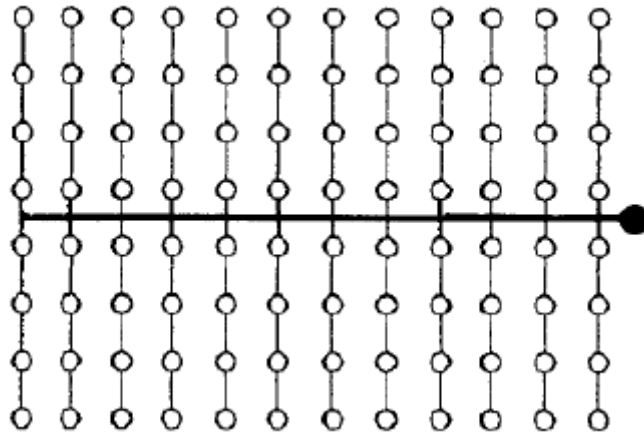


Figura 27 - Alimentação central pela extremidade com ramal central (Fonte: *Trindade (2009)*)

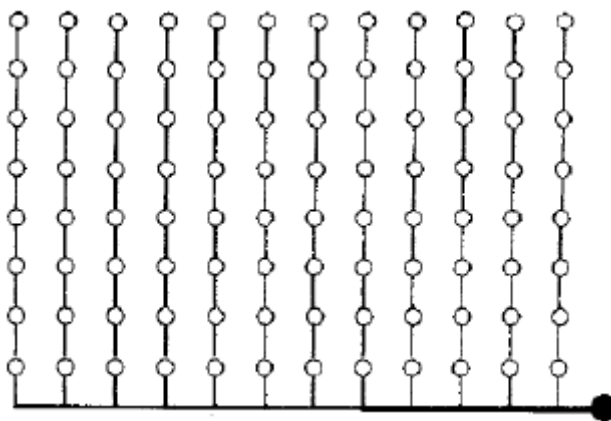


Figura 28 - Alimentação lateral pela extremidade com ramal lateral (Fonte: *Trindade (2009)*)

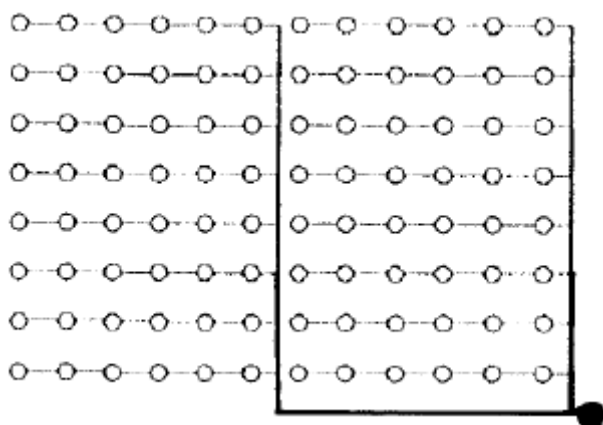


Figura 29 - Alimentação lateral pela extremidade com dois ramais (Fonte: Trindade (2009))

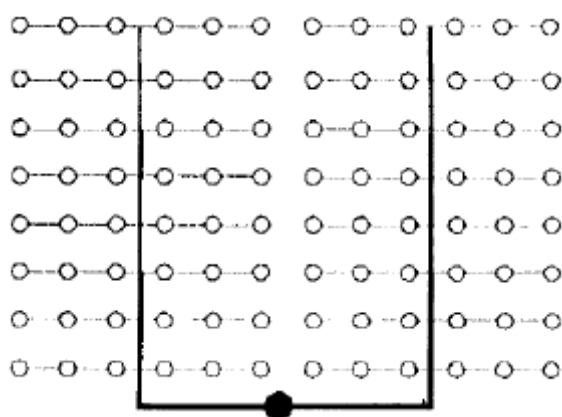


Figura 30 - Alimentação lateral central com dois ramais (Fonte: Trindade (2009))

O dimensionamento hidráulico da rede de aspersores é feito com recurso à definição da área de operação e da densidade de descarga do aspersor mais desfavorável. A área de operação é definida como a área em que se considera que o número de aspersores aí instalados entrará em funcionamento simultâneo (Pedroso, Vítor, *Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas*, LNEC, 2008). A densidade de descarga por aspersor e a respectiva área de operação é retirada da Tabela 11 para que esteja de acordo com a regulamentação nacional.

Após o conhecimento do valor da área de operação, é necessário determinar o lado maior da mesma. A fórmula seguinte permite determinar este parâmetro:

$$L = 1,2 \times Ap^{0,5} \quad (4)$$

em que:

L= Lado maior da área de operação (m);

Ap = Área de operação (m²).

A NFPA 13 estabelece o diâmetro dos sub-ramais em função do número máximo de aspersores que se pode instalar na mesma tubagem, tendo em conta a classe de risco do espaço o material da tubagem. No caso em estudo, a classe de risco dos espaços é Grave

e as tubagens serão em aço galvanizado, devido à sua elevada duração e utilização em grandes edifícios. A Tabela 13 resume o número máximo de aspersores no mesmo sub-ramal para a classe de risco grave, para tubagens de aço galvanizado.

Tabela 13 – Número máximo de aspersores para a classe de risco grave e tubagens de aço galvanizado (Fonte: NFPA 13)

Diâmetro nominal (mm)	Aço galvanizado
25	1
32	2
40	5
50	8
70	15
80	27
90	40
100	55
125	90
150	150

Posto isto, é necessário saber quantos aspersores farão parte da área de operação. A determinação deste número é feita através o quociente entre a área de operação e a área de cobertura de um aspersor, ou seja:

$$Na = \frac{A_p}{A_c} \quad (5)$$

em que:

Na = Número de aspersores;

Ap = Área de operação (m²);

Ac = Área de cobertura.

Com as considerações atribuídas anteriormente e efectuados os cálculos inerentes às mesmas, é possível efectuar o cálculo do caudal e da pressão do aspersor mais desfavorável, com recurso às expressões seguintes:

$$Q_1 = D_a A_c \quad (6)$$

em que:

- Q₁ - Caudal no aspersor mais desfavorável (L/min);
- D_a - Densidade mínima de água no aspersor mais desfavorável (L/min/m²);
- A_c – Área de cobertura do aspersor (m²).

Para o cálculo da pressão, tem-se:

$$P_1 = \left(\frac{Q_1}{K_1} 10 \right)^2 \quad (7)$$

em que:

- P_1 - pressão no aspersor mais desfavorável (kPa);
- Q_1 - Caudal no aspersor mais desfavorável (L/min);
- K_1 – Constante do aspersor. Varia entre 57, 80, 115 e 160, de acordo com o calibre do mesmo.

Sabendo a pressão e o caudal no aspersor mais desfavorável, é necessário saber as pressões e caudais nos restantes aspersores da área de operação. Quando se determina o caudal no primeiro aspersor, sabe-se automaticamente o caudal que passa na tubagem que liga o primeiro aspersor ao segundo aspersor, visto que alimenta apenas o primeiro aspersor, ou seja:

$$Q_{21} = Q_1 \quad (8)$$

em que:

- Q_{21} – Caudal que circula na tubagem que liga o primeiro ao segundo aspersor (L/min);
- Q_1 - Caudal no primeiro aspersor (mais desfavorável) (L/min).

Os caudais dos aspersores seguintes são determinados com recurso à perda de carga por atrito no segmento recto da tubagem entre aspersores, de acordo com a fórmula de Hazen-Williams:

$$hp_{21} = \frac{6,05Q_{21}^{1,85}10^7}{C^{1,85} \times d_{21}^{4,87}} \quad (9)$$

em que:

- hp_{21} – Perda de carga no segmento recto entre o primeiro e o segundo aspersor (kPa/m);
- Q_{21} – Caudal que circula na tubagem que liga o primeiro ao segundo aspersor (L/min);
- C – Coeficiente de atrito de Hazen-Williams que varia de acordo com o material da tubagem. Para aço galvanizado é 120 (adimensional);
- d_{21} – Diâmetro do segmento recto que liga o primeiro ao segundo aspersor (mm).

Após saber a perda de carga no segmento de recta entre os aspersores, é possível calcular a pressão no segundo aspersor, através da seguinte expressão:

$$P_2 = P_1 + hp_{21} \quad (10)$$

em que:

- P_2 – Pressão no segundo aspersor (kPa);
- P_1 – Pressão no primeiro aspersor (kPa);
- hp_{21} – Perda de carga no segmento recto entre o primeiro e o segundo aspersor (kPa/m).

Agora é possível saber o caudal debitado no segundo aspersor, de acordo com a expressão:

$$Q_2 = K_1 P_2^{0,5} \quad (11)$$

em que:

- Q_2 – Caudal no segundo aspersor (L/min);
- K_1 – Constante do aspersor (adimensional);
- P_2 – Pressão no segundo aspersor (kPa);

Este processo utiliza-se sempre de jusante (do primeiro aspersor) até montante, para que se saibam os caudais e pressões dos aspersores restantes. É necessário somar os caudais ao longo dos segmentos de recta da tubagem para que se saiba qual é o caudal total e a pressão a que a água deve estar para proteger com eficácia o espaço em questão.

5.2. Sistema de Extinção por Espuma

Este tipo de sistema de extinção é bastante eficaz e utilizado na extinção de incêndios em líquidos combustíveis. Existem vários tipos de sistemas, dependendo da protecção que se pretende efectuar.

A sua constituição básica é a seguinte:

- Reservatório espumífero;
- Grupo de bombagem e doseador de espumífero;
- Rede de tubagem;
- Câmaras de expansão ou geradores de espuma de alta expansão.

Na protecção de um depósito de líquido, se houver incêndio, a espuma é introduzida no seu interior através de câmaras de expansão na parte superior do mesmo que forma uma camada uniforme sobre a superfície do líquido em combustão. Também é possível a injeção de espuma no depósito pela sua base e, ao entrar no depósito, a espuma sobe e expande-se, formando a camada de espuma sobre o líquido combustível (Figura 31).

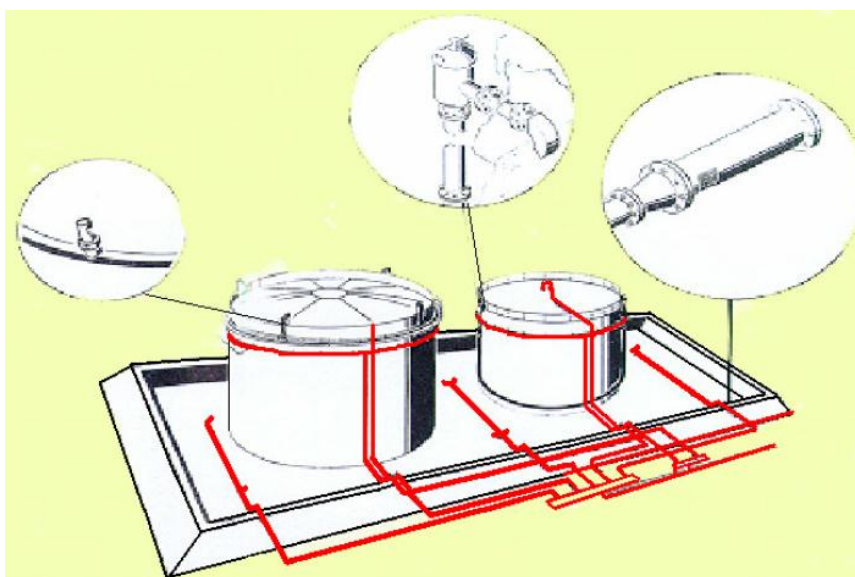


Figura 31 – Sistema de extinção por espuma num depósito de líquido (Fonte: António M. Guerra, *Manual de Brigadas de Incêndio*)

No caso de armazéns, a forma mais indicada de extinguir um incêndio através de espuma é utilizando geradores de alta expansão (Figura 32). Nestes, uma ventoinha cria uma corrente de ar que movimenta a solução espumífera para uma rede metálica, dando assim origem à formação de bolhas de espuma.

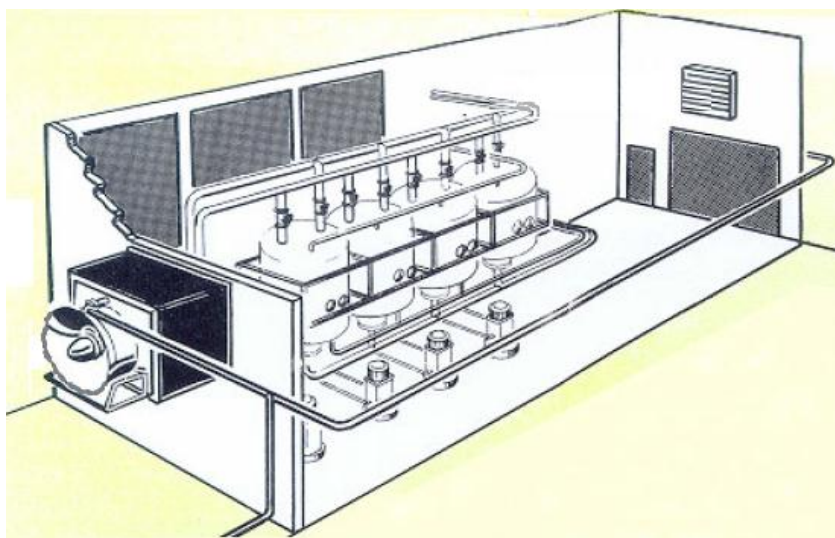


Figura 32 – Sistema de extinção com geradores de espuma de alta expansão (para armazéns) (Adaptado de: José Pedro Lopes, *Técnicas de Protecção Civil II, ESTGB*)

Este tipo de sistema tem como vantagens ser um meio bastante eficaz para líquidos extremamente inflamáveis, motivo pelo qual é muito utilizado em refinarias, aeroportos, armazéns químicos, depósitos GPL e outras instalações do tipo. Pode ser utilizado em situações de incêndio iminente como acção preventiva e a cobertura de espuma evita reacendimentos. No entanto, os resíduos deixados por este sistema são húmidos, o que pode danificar equipamentos e outros componentes presentes no espaço sinistrado. Além disso, não é adequado para fogos eléctricos.

5.3. Sistema de Extinção por Pó Químico

Este tipo de sistema é utilizado quando se necessita de uma extinção rápida e quando existe perigo de incêndio em líquidos inflamáveis. Não se aconselha a sua utilização para a protecção de sistemas eléctricos e/ou electrónicos, devido aos danos que o pó pode causar nestes equipamentos.

São compostos por:

- Reservatório de armazenamento do pó;
- Recipiente com gás propulsor (no caso de pressão não permanente);
- Tubagem de distribuição;
- Sistema de detecção de incêndios;
- Difusores;
- Central de comando.

Este tipo de sistemas pode ser de dois tipos: de inundação total ou inundação local. Num sistema de inundação total, o pó é descarregado através da tubagem de distribuição e difusores numa quantidade pré-determinada para o interior de um local fechado.

Quanto ao sistema de inundação local, os difusores encontram-se distribuídos pelo local a proteger de forma a descarregar o pó directamente sobre o foco de incêndio.

5.4. Sistema de Extinção por Dióxido de Carbono (CO₂)

A extinção por CO₂ é utilizada em locais onde existam equipamentos ou materiais de valor elevado e onde é necessário retomar a actividade laboral de forma rápida. Tal como a extinção por pó químico, este tipo de sistema pode ser dividido em inundação total e inundação local.

Quanto à inundação total, é necessário assegurar num local fechado uma atmosfera inerte durante algum tempo. No entanto, é de salientar que ao se dar a descarga de CO₂ irá dar-se uma redução muito acentuada da visibilidade e dificuldade respiratória resultante da enorme percentagem de dióxido de carbono que haverá no ar.

A inundação local é utilizada quando o objectivo é proteger equipamentos específicos ou áreas não delimitadas. A descarga de dióxido de carbono é feita directamente sobre os equipamentos ou superfícies em combustão.

5.5. Sistemas de Extinção por Gases Sintéticos e Inertes

As restrições inerentes à utilização de *halons* por parte das directivas comunitárias permitiram o aparecimento de gases de extinção “limpos”, de que são exemplo os gases sintéticos FE13 e FM200 e os gases inertes (argonite, argonfire e inergen). Na Figura 33 é possível verificar botijas de um sistema de extinção por gases.



Figura 33 – Botijas de um sistema de extinção por gases (Fonte: <http://www.depimex.com>)

Tal como os dois últimos sistemas de extinção, podem ser divididos em sistemas de inundação total e local.

A utilização dos sistemas de inundação total restringe-se à protecção de locais fechados, onde existam equipamentos de alta tecnologia, centros informáticos, entre outros. A distribuição do gás é feita uniformemente através de difusores indicados para o sistema.

No caso dos sistemas de inundação local, o gás é descarregado directamente sobre os equipamentos a proteger (armários de cablagens eléctricas, quadros eléctricos, entre outros).

Deste tipo de sistema fazem parte:

- Reservatório para agente extintor;
- Rede de tubagem;
- Difusores;
- Sistema de detecção;
- Dispositivos de alarme;
- Dispositivos de comando.

6. Redes Secas, Redes Húmidas e Rede de Incêndios Armada (RIA)

6.1. Definição e constituição

As redes secas e húmidas são meios de 2ª intervenção de incêndio e diferem no facto de a primeira não estar em carga, possuindo uma interligação fixa entre as mangueiras utilizadas no combate ao incêndio e a boca de alimentação, no exterior, a qual é alimentada a partir dos sistemas de bombagem existentes nos veículos urbanos de combate a incêndios. A rede designa-se por rede seca descendente ou por rede seca montante consoante sirva pisos, respectivamente, abaixo ou acima do nível de referência. Quanto à rede húmida, esta está permanentemente em carga, com alimentação de água proveniente de um depósito privativo do serviço de incêndios, pressurizada através uma central de bombagem única para o efeito (NT nº 13 ANPC)

De uma forma geral, a constituição de uma rede seca é a seguinte:

- Uma Coluna (tubagem vertical);
- O acoplamento directo, ou através de ramal de ligação, entre a coluna e a sua boca de alimentação;
- A boca de alimentação (dupla) na fachada (boca siamesa);
- As bocas de incêndio duplas nos pisos.

Uma rede húmida é bastante semelhante a uma rede seca, tendo em conta que, como já foi dito, uma está sempre em carga e outra não. Para além desta diferença, a instalação de uma rede húmida num edifício permite a utilização na mesma de bocas de incêndio tamponadas próprias para a 2ª intervenção, mas também bocas de incêndio armadas (RIA) com mangueiras semi-rígidas enroladas em carretel para a 1ª intervenção. Para além disto, uma coluna húmida necessita de possuir, face a uma avaria do sistema de bombagem ou falta de água no depósito de incêndios, uma boca de alimentação de água através dos veículos de bombeiros directamente por ramal seco de diâmetro apropriado, ligado directamente ao tubo colector de compressão das bombas (NT nº 13 ANPC). Se existir uma avaria do sistema de bombagem ou a falta de água no depósito, é necessário que exista uma alternativa à alimentação de água através dos veículos dos bombeiros directamente por ramal seco, de diâmetro apropriado, ligado directamente ao tubo colector de compressão das bombas. A boca dupla, siamesa, de alimentação alternativa deverá ser dotada de uma válvula anti-retorno, onde cada uma será de aperto rápido tipo “STORZ”, tal como se pode observar na Figura 34, (Fonte: Luís Gonçalves)) com diâmetro DN 75.



Figura 34 – Boca dupla siamesa com válvula anti-retorno e aperto rápido tipo “STORZ” (Fonte: www.luisgoncalves.pt)

A boca de incêndio (BI) permanentemente acoplada a uma mangueira com a respectiva agulheta diz-se que está “armada” e designa-se por BIA. Se a rede possui todas as BI nestas condições, designa-se por RIA (rede de incêndio armada), denominando-se as bocas de incêndio como Bocas de Incêndio Tipo Carretel (BITC).

O RTSCIE define que a rede de alimentação das bocas de incêndio das colunas húmidas deve garantir, em cada boca-de-incêndio em funcionamento, com metade das bocas abertas, até um máximo exigível de quatro:

- Uma pressão dinâmica mínima de 250 kPa e um caudal instantâneo mínimo de 1,5 l/s, para as BITC;
- Uma pressão dinâmica mínima de 350 kPa e um caudal instantâneo mínimo de 4 l/s, para as BITT;

A Rede Armada de Incêndio (RIA) é um meio de 1ª intervenção na protecção contra incêndios em edifícios. Estas redes de incêndio são mantidas em carga tendo em vista a intervenção por parte dos ocupantes de um edifício e dispõem de bocas de incêndio guarnecidas com mangueiras e agulhetas.

No artigo 167º do RTSCIE são definidos os critérios para serem utilizados no dimensionamento destes sistemas, tal como é descrito de seguida:

- Boca de incêndio normalizada (25 mm, 45 mm ou 70 mm);
- Lanço de mangueira com respectivas junções, instalado de modo a ser prontamente utilizado;
- Uma agulheta ligada ao lanço de mangueira;
- Chave de manobra;
- Carretel para enrolar a mangueira ou suporte para a acomodar.

A Figura 35 apresenta um exemplo de uma boca de incêndio armada.



Figura 35 - Boca de Incêndio Armada (Fonte: Rodrigues et al, 2005)

6.2. Metodologia de dimensionamento

O dimensionamento da coluna húmida foi feito com recurso à metodologia que Vítor Pedroso explica no *Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Água* (LNEC, 2008), com algumas diferenças pois a regulamentação em que se baseia o livro já se encontra obsoleta. Esta metodologia passa por definir vários parâmetros de cálculo e considerações sobre os mesmos, sendo que se considerou a pressão e caudal mínimos como se este meio fosse apenas de 2ª intervenção. Sendo assim, os pressupostos considerados são os seguintes:

- As BITC terão diâmetros de 20 mm e as BI de 70mm;
- O comprimento das mangueiras será de 20 m;
- Nesta unidade industrial não haverá mais que 4 BI em funcionamento simultâneo;
- A velocidade de escoamento inicialmente atribuída será de 1 m/s;
- O caudal de cálculo será atribuído através do produto entre o número de bocas em funcionamento simultâneo e o caudal instantâneo mínimo exigido em cada boca;
- A pressão mínima nas bocas será de 350 kPa e em cada boca será assegurado um caudal instantâneo mínimo de 4 L/s (como define o artigo 171º do RT-SCIE);
- Os diâmetros das tubagens são calculados através da Equação da Continuidade:

$$D = \sqrt{\frac{1,273 \times Q}{v}} \quad (12)$$

em que:

D = Diâmetro (m);

Q = Caudal (m³/s);

v = Velocidade de escoamento (m/s)

- As perdas de carga das tubagens serão calculadas através da Fórmula de Flamant:

$$J = 4b \times v^{-7/4} \times D^{-5/4} \quad (13)$$

Em que:

D = Diâmetro (m);

Q = Caudal (m³/s);

v = Velocidade de escoamento (m/s);

b = factor da rugosidade do material, tomando o valor de 0,00023 para tubagens de aço;

- Os diâmetros internos das tubagens foram retirados do catálogo da APTA (*Tubos de Aço Soldados Longitudinalmente e Acessórios em Ferro Fundido Maleável Roscados*);
- Ao multiplicar o comprimento da tubagem pelo valor da perda de carga conseguida através da Fórmula de *Flamant*, obtêm-se as perdas de cargas contínuas. Admitiu-se um incremento de 30% da dimensão linear dos troços de tubagem, devido ao facto de existirem inúmeros pontos indutores de perdas de carga localizadas ao longo de toda a rede.

7. Reservatório de Água Privativo do Serviço de Incêndios (RASI) e Central de Bombagem

7.1. Reservatório de Água Privativo do Serviço de Incêndios (RASI)

Qualquer sistema de extinção de incêndios necessita de uma fonte abastecedora de água, que assegure em qualquer altura e sempre que for necessário a pressão e caudal necessários para que seja fornecida a água aos sistemas de extinção existentes no edifício para além de assegurar o fornecimento de água em caso de falha de abastecimento da rede pública e/ou congelamento. É por isso necessário definir um reservatório de água privativo do serviço de incêndio (RASI) pois embora a legislação nacional (segundo o RTSCIE, artigo 164º) permita a utilização da rede pública como fonte de abastecimento de água para a RIA, para o sistema automático de extinção por água é necessária a existência de um depósito privativo de incêndio que assegure o caudal e pressão da água mínimos para o funcionamento do mesmo (artigo 174º do RTSCIE).

A Nota Técnica nº14 da ANPC define os tipos de fontes de alimentação de água permitidos pela legislação, tendo em consideração as categorias de risco e as consequentes garantias a que devem satisfazer, tal como vem definido no RTSCIE. Além disso, define ainda as características construtivas gerais a satisfazer pelos reservatórios e respectivas capacidades mínimas de água.

Os RASI podem estar elevados, na superfície, enterrados ou semi-enterrados. Relativamente ao material de construção, podem ser de betão (com características específicas que podem ser consultadas na NT nº14) ou metálicos, sendo que estes só podem ser de superfície, tendo também restrições e especificações relativamente à forma como devem ser construídos e que acessórios devem possuir.

Relativamente à capacidade do RASI, esta é calculada tendo em conta o número de dispositivos em funcionamento e a autonomia requerida para os mesmos em função da categoria de risco da utilização-tipo, segundo a fórmula de cálculo que se segue:

$$C = (Q + Q_H + Q_S + Q_C) T \quad (14)$$

em que:

C – Capacidade do depósito, em litros;

Q = Q₁ (se apenas existirem redes de 1.^a intervenção) ou Q=Q₂ (se também existirem redes de 2.^a intervenção);

Q₁ – Caudal de alimentação das redes de 1.^a intervenção, em litros/ minuto;

Q₂ – Caudal de alimentação das redes de 2.^a intervenção, em litros/ minuto;

Q_H – Caudal de alimentação dos hidrantes, em litros/ minuto, se não forem alimentados pela rede pública;

Q_S – Caudal de alimentação das redes de aspersores, em litros/ minuto;

Q_C – Caudal de alimentação das cortinas de água, em litros/minuto.

T – Tempo de autonomia do sistema, em minutos conforme o quadro seguinte:

Tabela 14 – Tempo de autonomia do sistema (Fonte: NT n° 14, ANPC)

Categoria de Risco	Tempo de autonomia ^(a)
1 ^a e 2 ^a	60 ^(b)
3 ^a	90
4 ^a	120

^(a) Com exceção para os sistemas tipo dilúvio previstos para a utilização-tipo VI que será de 30 min.

^(b) Sem prejuízo da autonomia mínima de 90 minutos para os aspersores da UT XII.

Os caudais de alimentação das redes de incêndio são calculados pelas seguintes expressões:

$$Q_1 \text{ (l/min.)} = n_1 \times 1,5 \text{ l/s} \times 60 \quad (15)$$

$$Q_2 \text{ (l/min.)} = n_2 \times 4 \text{ l/s} \times 60 \quad (16)$$

$$Q_H \text{ (l/min.)} = n_H \times 20 \text{ l/s} \times 60 \text{ (n.º 8 do artigo 12.º do RT-SCIE)} \quad (17)$$

$$Q_S \text{ (l/min.)} = q_s \times A_s \text{ (Quadro XXX VII da alínea a) do n.º 3 do artigo 174.º do RT-SCIE)} \quad (18)$$

$$Q_C \text{ (l/min.)} = A_c \times 10 \text{ l/min.m}^2 \quad (19)$$

Sendo:

- n_1 – Número de carretéis a alimentar na rede de 1.^a intervenção, considerando metade deles em funcionamento num máximo de quatro;
- n_2 – Número de bocas-de-incêndio a alimentar na rede de 2.^a intervenção, considerando metade delas em funcionamento num máximo de quatro;
- n_H – Número de hidrantes a alimentar na rede de hidrantes, considerando no máximo dois;
- q_s – Densidade de descarga do sistema de aspersores, variando com o local de risco a proteger, em l/min.m²;
- A_s – Área de operação dos aspersores, variando com o local de risco a proteger, em m²;
- A_c – Somatório das áreas dos vãos a irrigar pelas cortinas de água, apenas num compartimento de fogo, em m².

7.2. Central de Bombagem

O mesmo regulamento define a necessidade da existência de uma central de bombagem que faça bombear a água a partir do RASI para qualquer ponto do edifício onde haja um sistema de extinção de incêndio.

A central de bombagem do serviço de incêndios (CBSI) é para uso exclusivo do socorro e deverá conter todos os equipamentos necessários ao seu funcionamento, controlo e sinalização, nomeadamente (NT nº 15, ANPC):

- Bombas principais;
- Bomba *jockey* (bomba equilibradora de pressão);
- Quadros eléctricos;
- Baterias de arranque das bombas (diesel);
- Válvulas de seccionamento;
- Retenção e descarga, manómetros;
- Pressostatos;
- Medidor de caudal;
- Tanque de combustível (diesel);
- Colectores.

Segundo a regulamentação, a CBSI terá que possuir, no mínimo, duas bombas principais, que funcionarão em reserva ou ajuda, com arranque da segunda no caso da primeira falhar ou não fornecer caudal suficiente, e uma bomba *jockey*. As bombas principais serão do tipo eléctrico ou uma eléctrica e uma diesel. No primeiro caso, deverão ter alimentações de energia independentes, uma do gerador e outra de linha directa por "*by-pass*" ao quadro. Relativamente à bomba *jockey*, deverá ser de baixo caudal e alta altura manométrica, e os seus arranque e paragem serem automáticos através do respectivo pressostato.

A NT nº15 da ANPC define os parâmetros essenciais no dimensionamento de uma central de bombagem deste tipo, nomeadamente os tipos de válvulas e pressostatos a serem instalados, as características da tubagem de aspiração, as condições em que se dá a aspiração entre outros aspectos. Por ser um trabalho muito extenso e minucioso, será apenas referido como se dimensionam as bombas principais.

Sendo assim, para garantir as condições de pressão e caudal necessárias ao abastecimento simultâneo das instalações servidas pela CBSI, é necessário saber a potência das bombas. Esta potência é definida pelo caudal nominal das mesmas e pela sua pressão nominal.

A determinação do caudal nominal é resultado da seguinte expressão:

$$Q_n = (Q_1 + Q_2 + Q_H + Q_S + Q_C)0,06 \quad (20)$$

em que:

Q_n = Caudal nominal (m^3/h);

$Q = Q_1$ (se apenas existirem redes de 1.^a intervenção) ou $Q=Q_2$ (se também existirem redes de 2.^a intervenção);

Q_1 – Caudal de alimentação das redes de 1.^a intervenção, em litros/ minuto;

Q_2 – Caudal de alimentação das redes de 2.^a intervenção, em litros/ minuto;

Q_H – Caudal de alimentação dos hidrantes, em litros/ minuto;

Q_S – Caudal de alimentação das redes de aspersores, em litros/ minuto;

Q_C – Caudal de alimentação das cortinas de água, em litros/minuto.

Estes caudais de alimentação são calculados da mesma forma considerada para o dimensionamento da capacidade do RASI.

A NT nº 15 da ANPC indica que a pressão nominal é determinada por cálculo hidráulico das redes, considerando os caudais de alimentação das redes (Q_1 , Q_2 , Q_H , Q_S e Q_C) e a pressão dinâmica a garantir nos seguintes dispositivos de combate a incêndio mais desfavoráveis, tal como vem descrito no RTSCIE:

- Bocas-de-incêndio das redes de 1.^a intervenção - 250 kPa
- Bocas-de-incêndio das redes de 2.^a intervenção - 350 kPa
- Hidrantes exteriores - 150 kPa.

Para a definição dos constituintes da central de bombagem, a NT nº 15 define três hipóteses possíveis:

- Hipótese 1:
 - Duas bombas principais eléctricas;
 - Uma bomba auxiliar eléctrica (jockey);
 - Alimentação de energia eléctrica pela rede pública e alternativamente por uma fonte central de emergência;
- Hipótese 2:
 - Uma bomba principal eléctrica;
 - Uma motobomba principal;
 - Uma bomba auxiliar eléctrica (jockey);
 - Alimentação de energia eléctrica pela rede pública.
- Hipótese 3:
 - Duas motobombas principais;
 - Uma bomba auxiliar eléctrica (jockey);
 - Alimentação de energia eléctrica pela rede pública;
 - Depósitos de alimentação de combustível independente para cada motobomba.

Os principais componentes de uma central de bombagem (de acordo a Hipótese 2) podem ser vistos na Figura 36.

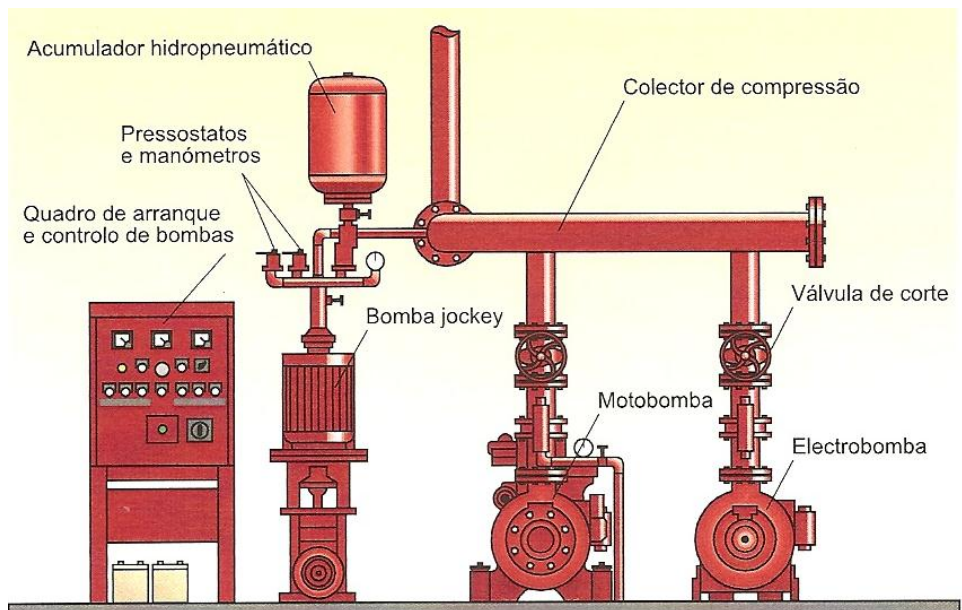


Figura 36 – Central de bombagem (Fonte: António M. Guerra, *Manual de Brigadas de Incêndio*)

8. Controlo de Fumo

8.1. Conceitos Gerais

Como já foi descrito, existem diversos produtos que resultam da combustão e que podem ter efeitos mais graves do que o próprio incêndio em si. Por isso, torna-se fundamental que num edifício exista um sistema de controlo de fumo que permita a evacuação dos gases provenientes da combustão e que possibilite a admissão de ar novo. O controlo de fumo de um edifício tem como objectivos (*Pinhal, 2008*):

- Utilização dos locais – Permitir aos ocupantes do espaço sinistrado uma qualidade do ar razoável e condições de visibilidade suficientes
- Salvaguarda dos bens materiais – Pretende-se que os bens materiais sejam protegidos das altas temperaturas que os gases provenientes da combustão geram.
- Redução da propagação do fogo – O controlo de fumo impedirá que o incêndio se propague a outros espaços, podendo causar mais danos materiais ou humanos.

O controlo de fumos pode ser feito por sobrepressão ou desenfumagem. A sobrepressão implica o aumento da pressão interior de um determinado espaço, em relação aos compartimentos adjacentes, de modo a que não seja possível a penetração de fumos e gases no seu interior, devido ao diferencial de pressões. Relativamente à desenfumagem, é o processo através do qual se faz a substituição do ar viciado por ar novo, fazendo com que a visibilidade e características do ar melhore devido à menor concentração de fumos e gases tóxicos no interior dos espaços, podendo ser atingida através da utilização de meios naturais ou mecânicos.

Para critérios de dimensionamento de caudais, o RT-SCIE define para a extracção forçada uma boca de extracção por cada 320 m² que proporcione um caudal de 1m³/s por cada 100 m² de área do local, com um mínimo de 1,5 m³/s.

Sendo assim, o caudal de extracção, em m³/s, de cada espaço será dado pela expressão seguinte:

$$Q_{Ext} = \max(0,01 \cdot A_{local}; 1,5) \quad (21)$$

No artigo 145º vem que a velocidade do ar nas bocas de insuflação, para desenfumagem activa, deve ser inferior a 5 m/s e o seu caudal deve ser na ordem dos 60% do caudal de extracção, ou seja:

$$Q_{Insuf} = 0,6 \cdot Q_{Ext} \quad (22)$$

8.2. Métodos de Controlo de Fumos

Segundo *Pinhal, (2008)* existem quatro métodos de controlo de fumos, classificados segundo a entrada de ar e a extracção de fumos:

- Método Natural – Natural;
- Método Mecânico – Mecânico;
- Método Natural – Mecânico;
- Método Mecânico – Natural

Tal como o próprio nome indica, o primeiro método envolve que a entrada do ar e a saída do fumo seja feita de forma natural, sem qualquer componente mecânico a impulsionar o fluxo do ar para dentro ou para fora do edifício. Como este método tem como princípio de funcionamento essencial a diferença de temperaturas, trata-se de uma solução relativamente prática e económica, sendo por isso bastante aplicado. Este método é adequado em situações onde o espaço interior comunique directamente com o exterior, como é comum em edifícios amplos e sem andares sobrepostos, mas é também utilizado em edifícios pouco altos, em conjunto com condutas de insuflação natural e extracção natural.

O Método Mecânico – Mecânico opõe-se ao método anteriormente abordado. Este método é particularmente usado em edifícios de grande envergadura, tanto a admissão de ar como a extracção de fumos resultam da acção de um insuflador e de um extractor, ambos electromecânicos, sendo os gases transportados através de condutas até à cobertura do edifício, condutas essas com bocas de insuflação e extracção. Comparativamente ao Método Natural – Natural, com este método obtém-se um controlo de fumos mais eficaz, possibilitando uma melhor relação entre os caudais de admissão e extracção. (Pinhal,2008)

Quanto aos últimos dois métodos, ambos utilizam técnicas mistas. O Método Natural – Mecânico é caracterizado pela extracção mecânica dos fumos mas pela admissão natural de ar fresco. Este tipo de método é utilizado em edifícios altos, cujos pisos não tenham acesso directo à cobertura, e ainda a edifícios amplos com portões de entrada (por exemplo, armazéns). No entanto, é necessário ter em atenção que a movimentação dos gases causada por este tipo de sistema pode causar a desestratificação da camada de fumo, sendo por isso necessário controlar a velocidade de extracção para que esta seja moderada.

No Método Mecânico – Natural, o funcionamento é inverso, ou seja, a admissão de ar é feita de força forçada, através de um insuflador electromecânico, e a extracção é feita de forma natural, através da pressurização de espaços. A escolha deste método necessita de bastante ponderação, visto que devido ao caudal de ar fresco ser insuflado electromecanicamente, é criado um “efeito de empurrão” da camada de fumo, que pode causar turbulência no interior desta, desestabilizando o escoamento. Isto pode fazer com que haja penetração dos gases quentes nos espaços em que se pretende manter livres de fumo. Esta solução é utilizada em garagens subterrâneas e pode ser uma solução para túneis rodoviários.

8.3. Caracterização dos Locais a Proteger

Para além de ser necessário conhecer o método de controlo de fumos a utilizar no dimensionamento de um sistema de desenfumagem, é também importante conhecer as dimensões do local e o tipo de utilização destinado a esse espaço.

Segundo Pinhal (2010), os locais são classificados quanto à natureza da sua construção e quanto à natureza das actividades neles exercidos. Sendo assim, quanto à natureza da construção, consideram-se os seguintes espaços:

• Locais amplos: podem localizar-se em edifícios de um ou mais pisos, sendo que se distinguem em quatro categorias, em função do seu volume e extensão do espaço a proteger:

- Local de volume grande: A área do local é superior a 1000 m²;
- Local de volume médio: A área do local é superior a 300 m² e menor ou igual a 1000m²;
- Local de volume pequeno: área do local é menor ou igual a 300 m²;
- Local extenso: local em que uma das suas dimensões em planta tem pelo menos 60 m, sendo esta muito maior que a outra dimensão.

• Edifícios elevados: construções constituídas por vários pisos, mas que se distinguem regulamentarmente apenas devido ao seu desenvolvimento vertical, isto é, pela altura total do edifício:

- Edifício de grande altura: altura é superior a 28 m, sem exceder o limite de 50 m;
- Edifício de média altura: altura é superior a 9 m e menor ou igual a 28 m;
- Edifício de pequena altura: altura é menor ou igual a 9 m.

Quanto à natureza das actividades:

- Locais industriais: locais amplos, de grande ou média volumetria, onde se desenvolvem duas actividades particulares: fábrica (local destinado a determinadas produções industriais) e armazém (local para guardar produtos comercializáveis, semi-acabados ou finais).
- Locais com público: estes locais podem existir em espaços grandes ou médios e caracterizam-se pela diversidade de actividades económicas que podem albergar, sendo a sua função: serviços (normalmente em espaços amplos, onde existe comércio, escritórios, lazer, etc.) ou habitação (geralmente, edifícios de grande altura, que funcionam como condomínios abertos ou fechados). Nestes locais, existe ainda outra subclassificação em corredores, escadas ou comunicações verticais enclausuradas e pátios interiores.

8.4. Controlo de Fumo em Vias Verticais de Evacuação

Segundo o artigo 159º do RTSCIE, o controlo de fumo em vias verticais de evacuação só pode ser realizado por desenfumagem passiva ou por sobrepressão relativamente aos espaços adjacentes. Os artigos 160º e 161º, respectivamente, estabelecem os padrões necessários ao controlo de fumo através destes dois métodos. Relativamente à desenfumagem passiva, deve-se assegurar que há aberturas dispostas no topo e na base das vias verticais, com as seguintes características (Pinhal, 2008):

- A abertura superior deve ser permanente, ou estar equipada com um exutor de fumo, e ter uma área livre não inferior a 1 m²;
- Nos casos em que seja exigida câmara corta-fogo e esta se situar abaixo do nível de referência e exista um único piso enterrado, a câmara pode ser considerada ventilada e desenfumada se existirem condutas de entrada e saída de ar com dimensões iguais ou superiores a 0,1 m².

O exutor acima mencionado pode permanecer normalmente fechado, desde que possua um dispositivo de comando manual de abertura, instalado no interior da escada ao nível de acesso para que seja acessível em caso de incêndio. É de realçar que o somatório das áreas livres das aberturas inferiores deve, no mínimo, igualar o valor da área de abertura superior.

O artigo 160º admite ainda que o arejamento possa ser assegurado exclusivamente por vãos dispostos em todos os patamares intermédios, cujas áreas úteis por patamar sejam superiores a 0,25 m². Se este método for implementado, os vãos devem estar permanentemente abertos ou possuir abertura simultânea em caso de incêndio, de modo automático ou por comando do piso de acesso, devidamente sinalizado.

9. Caso de Estudo (Gráfica)

9.1. Metodologia utilizada

A metodologia para a elaboração do sistema de detecção e extinção de incêndios numa unidade industrial passará por, em primeiro plano, analisar a regulamentação em vigor e aplicá-la ao edifício em estudo, conforme descrito no capítulo 3.3. De seguida, será feito o dimensionamento, que envolverá sistemas de detecção e extinção de incêndios, sistemas de desenfumagem, pressurização e rede de incêndios para extinção manual e automática.

De seguida, é feita a descrição da unidade industrial em estudo.

9.2. Descrição do Edifício

A unidade industrial em estudo trata-se de uma Gráfica, localizada no concelho de Sintra, zona da Granja.

No total, o edifício possui uma área total de 2.255 m² distribuídos por 2 pisos (piso 1 e piso 2) mais um piso térreo (piso 0), não possuindo pisos abaixo do nível de referência, com uma altura total de 17m.

No piso 0 encontra-se a garagem e o armazém principal, destinado a matérias-primas para o funcionamento da gráfica e/ou armazenamento do produto final.

No piso 1 fazem parte outro armazém, de menores dimensões, e a “Sala da Pré-Press” onde estarão os equipamentos destinados a actividade laboral do edifício.

O piso 2 está destinado à área administrativa, envolvendo gabinetes e salas de reuniões.

Todos os pisos têm instalações sanitárias para homens e senhoras. A Tabela 15 resume a arquitectura desta unidade industrial.

Tabela 15 – Arquitectura da unidade industrial

Piso	Designação	Área (bruta) (m ²)	Pé Direito (m)
0	Armazém 0	497	7,5
0	Lavabos	4	2,5
0	I.S.	3	2,5
0	Átrio de Entrada	8	2,4
0	Acesso ao Piso 1 (Escada E1)	14	3,0
0	Garagem	224	3,4

0	Área técnica 0	32	3,4
0	Central de bombagem	86	3,4
0	Depósito de água	84	3,4
1	Sala da Pré-Press	282	3,0
1	Armazém 1	148	5,5
1	Escada E1	16	3,0
1	Gabinete de Apoio	37	3,0
1	Área Técnica 1	12	3,7
2	Átrio / Lobby	21	2,5
2	Escada E1	16	3,0
2	Gabinete da Administração	48	2,7
2	Gabinete Director Recursos Humanos	24	2,7
2	Gabinete Director Financeiro	30	2,7
2	Gabinete Director Industrial	21	2,7
2	Open-Space / Reserva 2	33	2,7
2	Open-Space / Reserva 3	34	2,7
2	Sala de Reuniões	39	2,7
2	Secretariado 1	29	2,7
2	Secretariado 2	21	2,7
2	Contabilidade	20	2,7
2	Sala Cópias / Economato	17	2,7
2	Copa	17	2,7
2	I.S. Homens	13	2,5
2	I.S. Senhoras	13	2,5
2	I.S.	5	2,5

2	Closet	4	2,5
2	Arquivo	9	2,7
2	Área Técnica 2	12	3,7
2	Corredor	61	2,5
2	Arrumos	18	3,7
3	Terraço Aberto	269	2,3
3	Escada E1	16	3
3	Área Técnica 3	13	2,3
3	Sala de Máquinas	6	2,3

9.3. Levantamento de Necessidades

9.3.1. Cálculo do efectivo

De acordo com o artigo 51º da Portaria nº 1532/2008 de 29 de Dezembro, o número de ocupantes de cada espaço é calculado com auxílio ao Quadro XXVI da mesma Portaria. Neste Quadro é fornecido o índice de pessoas, medido em pessoas por metro quadrado, que ocupa cada espaço. Ao saber as áreas dos diversos espaços da unidade industrial, é possível calcular o efectivo dos mesmos. Na Tabela 16 encontram-se resumidos estes cálculos.

Tabela 16 – Cálculo do efectivo

Piso 0			
	Área	Índice pessoas/m ²	Efectivo
Armazém 0	413	0,03	12
Átrio de Entrada	8	0,2	2
Piso 1			
	Área	Índice pessoas/m ²	Efectivo
Sala da Pré-Press	446	0,03	13
Armazém 1	129	0,03	4

Gabinete de Apoio	37	0,1	4
Piso 2			
	Área	Índice pessoas/m²	Efectivo
Átrio / Lobby	21	0,2	4
Gabinete da Administração	48	0,1	5
Gabinete Director Recursos Humanos	24	0,1	2
Gabinete Director Financeiro	30	0,1	3
Gabinete Director Industrial	21	0,1	2
Open-Space / Reserva 2	33	0,2	7
Open-Space / Reserva 3	34	0,2	7
Sala de Reuniões	39	0,5	19
Secretariado	29	0,2	6
Secretariado	21	0,2	4
Contabilidade	20	0,1	2
Copa	17	0,5	8

Somando o efectivo de cada espaço, obtém um efectivo total de 104 pessoas. De referir que para o caso do “Armazém 0”, “ Sala da Pré-Press” e “Armazém 1” foi considerado, tal como descrito na alínea e) do Artigo 51º, um mínimo de 0,03 pessoas por metro quadrado devido à falta de informação sobre o número de ocupantes destes espaços.

9.3.2. Cálculo da Carga de Incêndio Modificada

Para o caso da unidade industrial em estudo, e de acordo com o capítulo 3.3.4, foi necessário calcular a carga de incêndio modificada para os três espaços de utilização-tipo XII: “Armazém 0”, “Armazém 1” e “Sala da Pré-Press”. Neste cálculo serão utilizadas as expressões (1) e (2) presentes no capítulo já mencionado.

- **Sala da Pré-Press**

A “Sala da Pré-Press”, situada no piso 1 do edifício, apresenta uma área de 282m² e é o espaço onde serão produzidos os diversos produtos da gráfica (jornais, revistas, ou livros).

Segundo o Quadro II do despacho nº 2074/2009 do Presidente da ANPC (“Expedição de artigos impressos”) este espaço possui o valor de q_{si} de 1700 e o R_{ai} é alto, sendo assim igual a 3.

O coeficiente adimensional de combustibilidade (C_i), considerando que o principal material presente é o papel dos livros, jornais e/ou revistas produzidos na “Sala da Pré-press” e que o seu ponto de inflamação é superior a 200 °C, conclui-se que possui um risco baixo, ou seja, $C_i = 1$.

Desta forma, e substituindo os valores na equação (1), obtém-se a carga de incêndio modificada:

$$q_s = \frac{1700 \times 282 \times 1 \times 3}{282} = 5100 \text{ MJ/m}^2$$

- **Armazém 0**

No Quadro II do despacho atrás mencionado, pode-se verificar que, para armazéns de papelaria, o valor de q_{vi} é de 800 MJ/m² e o R_{ai} é médio, ou seja, $R_{ai} = 1,5$, de acordo com o artigo 7º do mesmo despacho.

Neste caso, o C_i também assume o valor de 1.

A área e a altura de armazenagem deste espaço são, tal como indicado na Tabela 15, 436 m² e 7,5 m.

Sendo assim, tem-se:

$$q_s = \frac{800 \times 7,5 \times 436 \times 1 \times 1,5}{436} = 9000 \text{ MJ/m}^2$$

- **Armazém 1**

O cálculo da carga de incêndio modificada do “Armazém 1” é em tudo igual ao cálculo efectuado anteriormente para o “Armazém 0”, com excepção da área e da altura de armazenamento, que neste caso é de 148m e 5,5m, respectivamente. Desta forma, tem-se:

$$q_s = \frac{800 \times 5,5 \times 148 \times 1 \times 1,5}{148} = 6600 \text{ MJ/m}^2$$

9.3.3. Utilização-Tipo

O edifício em estudo trata-se de uma gráfica, tal como já foi referido. Possui três espaços que são classificados (segundo o Artigo 8º do DL 220/2008) como utilizações-tipo XII: “Armazém 0”, “Armazém 1” e “Sala da Pré-Press”. O piso 2 é destinado a

gabinetes e salas de reuniões, ou seja, utilizações-tipo III, enquanto que no piso 0 existe uma garagem, que é classificada como utilização-tipo II.

De acordo com o ponto 3 do artigo 8º do DL 220/2008, os edifícios podem ser de utilização exclusiva, quando integram uma única utilização-tipo, ou de utilização mista quando integrem diversas utilizações-tipo, devendo sempre respeitar as condições técnicas gerais e específicas para cada UT. De acordo com este mesmo ponto do RTSCIE, o edifício será de utilização exclusiva se os espaços de utilização-tipo III não possuírem uma área bruta superior a 20% da área bruta afectada às utilizações-tipo XII.

Ao analisar a Tabela 15, é possível verificar que os espaços classificados como UT-XII possuem uma área total de 927 m², enquanto que os espaços classificados com UT-III possuem uma área total de 373 m², o que ultrapassa os 20% da área afectada à UT-XII definidos pelo regulamento. Isto significa que o edifício será classificado como de utilização mista, com três utilizações-tipo diferentes, sendo elas:

- Utilização-tipo II – “estacionamentos”;
- Utilização-tipo III – “administrativos”;
- Utilização-tipo XII – “industriais, oficinas e armazéns”.

9.3.4. Classificação do Local de Risco

O artigo 10º do DL nº220/2008 refere que todos os locais do edifício com excepção dos espaços interiores de cada fogo, das vias horizontais e verticais de evacuação são classificados de acordo com a natureza do risco, tal como é descrito no capítulo 3.3.2.2.

Este edifício, por possuir vários espaços com diferentes funções, possui vários locais de risco diferentes. A Tabela 17 resume a classificação dos locais de risco do edifício em estudo.

Tabela 17 – Classificação dos locais de risco do edifício

Locais de risco	Espaços do edifício
<p>Local de risco A – local que não apresenta riscos especiais, no qual se verifiquem simultaneamente as seguintes condições:</p> <ul style="list-style-type: none"> - O efectivo não exceda 100 pessoas; - O efectivo de público não exceda 50 pessoas; - Mais de 90% dos ocupantes não se encontram limitados na mobilidade ou nas capacidades de percepção e reacção a um alarme; - As actividades nelas exercidas ou os produtos, materiais e equipamentos que 	<p>Átrio de entrada, Gabinete de Apoio, Átrio/Lobby, Gabinete da Administração, Gabinete Director Recursos Humanos, Gabinete director Financeiro, Gabinete Director Industrial, Open-Space/Reserva 2, Open-Space/Reserva 3, Sala de Reuniões, Secretariado 1, Secretariado 2, Contabilidade, Sala Cópias/Economato, Closet, Arrumos</p>

contem não envolvam riscos agravados de incêndio;	
Local de risco C — local que apresenta riscos agravados de eclosão e de desenvolvimento de incêndio devido, quer as actividades nele desenvolvidas, quer as características dos produtos, materiais ou equipamentos nele existentes, designadamente a carga de incêndio;	Armazém 0, Garagem, Área técnica 0, Sala da Pré-Press, Armazém 1, Área Técnica 1, Copa, Arquivo, Área técnica 2, Corredor, Área técnica 3, Sala de Máquinas.

9.3.5. Tipo de Protecção do Edifício

O tipo de protecção do edifício é a protecção total. Neste tipo de protecção, o SADI cobre todos os espaços do edifício, excepto os que são excluídos pela legislação, que incluem (ANPC, NT n.º12):

- Quartos de banho, zonas de duche, ou sanitários, desde que não sejam utilizados para armazenagem de combustíveis ou lixo;
- Vazios verticais ou condutas verticais para cabos com secções inferiores a 2 m², desde que sejam devidamente protegidas contra o fogo e estanques ao fogo no atravessamento de pisos tectos ou paredes, e que não contenham cabos relacionados com sistemas de emergência (a menos que os cabos tenham uma resistência ao fogo de, pelo menos, 30 minutos);
- Armazéns de alimentos congelados, sem ventilação, com volume inferior a 20 m³;
- Vazios (incluindo chão falso e tecto falso) com a verificação de uma das seguintes condições:
 - Menos de 0,8 m para o tecto falso e 0,2 m para o chão falso, ambos em altura;
 - Menos de dez metros de comprimento;
 - Menos de dez metros de largura;
 - Que sejam totalmente separados de outras áreas por material incombustível;
 - Que não contenham cargas de incêndio superiores a 25 MJ/m²;
 - Que não contenham cabos relacionados com sistemas de emergência (a menos que o cabo tenha uma resistência ao fogo superior a 30 min.).
- Os espaços que cumulativamente:
 - Estejam protegidos totalmente por sistema fixo de extinção automática de incêndios por água que respeite as disposições do RT-SCIE, incluindo as referentes à difusão do alarme;
 - Não possuam controlo de fumo por meios activos.

9.4. Dimensionamento dos Sistemas

9.4.1. Detecção de Incêndios

9.4.1.1. CDI e Zonas de Detecção

A Central de Detecção de Incêndio (CDI) estará localizada no átrio de entrada, situado no piso 0, onde serão recebidos os sinais fornecidos pelos detectores e restantes elementos. Também terá outras funções, devidamente temporizadas, para serem activas quando deflagrar um incêndio, actuando sobre os seguintes equipamentos:

- Alarmes acústicos;
- Transmissão de alarme aos bombeiros
- Activação do sistema de desenfumagem e respectivas pressurizações.

Segundo a NT nº12 da ANPC, quando o SADI é utilizado para activar outros sistemas de protecção contra incêndios é necessário um cuidado mais acentuado na divisão por zonas.

Neste caso de estudo, a área de pavimento de cada piso é inferior a 1 600 m², havendo portanto três zonas de detecção (piso 0, piso 1 e piso 2). Para a zona 2 (relativa ao piso 2), por esta possuir mais que cinco salas, será necessária a indicação de qual o detector accionado, tanto através da unidade de controlo e sinalização como através de indicadores de acção remotos instalados no exterior de cada porta. As zonas de alarme serão três, como indicado na regulamentação.

9.4.1.2. Selecção dos Tipos de Detectores

Para a escolha do tipo de detectores a instalar é necessário ter em conta as condições ambientais do local, bem como a arquitectura do mesmo (área e pé direito), os efeitos da ventilação e do aquecimento, os materiais existentes no local e a combustão dos mesmos.

No caso deste edifício, por ser uma gráfica e possuir bastante papel, são de prever fogos de combustão rápida com bastante produção de fumo e aumento rápido da temperatura. Dessa forma, e no edifício em geral, os sensores utilizados serão os sensores ópticos de fumo, com excepção do “Armazém 0” e do “Armazém 1” que serão dotadas de sistemas de detecção por aspiração, pois possuem um pé-direito bastante alto.

9.4.1.3. Distribuição do Detectores

De acordo com o capítulo 4.4, a distribuição e localização dos detectores ópticos de fumo será feita de acordo com a CEA 4040 de Julho de 2003. A opção por esta norma baseia-se no facto de esta ser mais restrita, por definir uma área de máxima de vigilância que tem em conta a influência da classificação do local de risco e da sua categoria de risco. É um método mais dispendioso, pois implica a colocação de mais detectores do

que seriam necessários com o método indicado na Tabela 8. No entanto, como este trabalho não possui uma análise económica, optou-se pelo método mais restrito.

Sendo assim, a tabela que se encontra no Anexo D apresenta os espaços que vão ser equipados com detectores ópticos de fumos e quantos detectores são precisos em cada espaço de modo a ser cumprida a regulamentação anteriormente exposta.

No total, teriam que ser instalados 40 detectores, 9 no piso 0, 10 no piso 1, 19 no piso 2 e 2 na cobertura (“Área Técnica 3” e “Sala de Máquinas”). A localização dos mesmos pode ser observa nas plantas no Anexo F.

9.4.1.4. Instalação dos Botões de Alarme Manual

Em relação ao edifício em estudo, o número de botões de alarme manual considerado é superior aquele que seria exigido pela legislação, nomeadamente no piso 0 e no piso 1, pois nestes pisos encontram-se os dois armazéns e a “Sala da Pré-Press”, que são os espaços de maior risco no edifício.

Os botões devem ser colocados para que nenhuma pessoa dentro da instalação tenha que percorrer mais do que 30 metros para chegar ao botão de alarme e devem ser posicionados junto a cada porta de acesso a escadas de emergência e em cada saída para o exterior. Assim sendo, os botões serão posicionados de acordo com as peças desenhadas que se encontram em anexo e altura de montagem será de 1,2 m.

9.4.1.5. Difusão do Alarme e Alerta

O alarme de incêndio deverá ser feito com recurso a sirenes de modo a que este seja perfeitamente audível acima de qualquer ruído existente em qualquer espaço da gráfica.

Tanto na “Sala da Pré-Press” (máquinas a trabalhar) como nos dois armazéns do piso 0 e 1 (empilhadoras e camiões de carga/descarga de produtos) o som de alarme de incêndio deverá ter um nível de 80 dB(A) enquanto que no piso 2 o som de alarme terá o nível mínimo indicado pelo RT-SCIE de 65 dB(A).

9.4.1.6. Detecção por aspiração

O edifício em estudo possui dois espaços que apresentam um pé direito bastante superior aos outros espaços: o “Armazém 0”, com 7,5m e o “Armazém 1”, com 5,5m.

Por possuírem estas características particulares, e por serem locais onde o risco de incêndio é considerável devido ao facto de possuírem bastante papel, optou-se por instalar detectores de fumo por aspiração, cujo funcionamento foi abordado anteriormente

O dimensionamento dos sistemas de detecção de incêndios por aspiração foi feito com recurso ao *software* PipeCAD (propriedade da *UTC Fire & Security*), próprio para estabelecer a posição dos detectores e efectuar os cálculos inerentes a estes. A escolha deste *software* prendeu-se com o facto de esta empresa ser bastante conceituada no

mercado, para além da facilidade de obtenção do programa informático. Este está em conformidade com a *EN 54-20:2006 - Sistemas de detecção e alarme de incêndio – Parte 20: Detectores de fumo por aspiração*. Por não ser um programa de cálculo comum, no Anexo A encontra-se uma breve explicação sobre o funcionamento do mesmo.

➤ Armazém 0

Como já foi visto, o “Armazém 0” possui uma área total de 497 m². Por ser um espaço com uma área bastante extensa, foi necessário dividi-lo em 4 zonas, cada uma com um detector e suas tubagens. Na Figura 37 pode ser vista a divisão deste espaço nas 4 zonas já referidas, indicadas a vermelho.



Figura 37 – Divisão do “Armazém 0” em 4 zonas

As dimensões das 4 zonas são as seguintes:

- **A0 – Z1.1:** 20,3 x 6,7m;
- **A0 – Z1.2:** 20,3 x 6,7m;
- **A0 – Z2.1:** 18,2 x 6,7m;
- **A0 – Z2.2:** 16,2 x 5,9m.

Como se pode ver, as duas primeiras zonas possuem dimensões iguais, o que fará com que o sistema de detecção por aspiração de ambas seja muito parecido. Posto isso, é possível fazer a análise de cada zona individualmente.

- **Zona A0-Z1.1**

Nas figuras seguintes, é possível verificar o *layout* da zona A0-Z1.1, tanto no plano como no espaço.

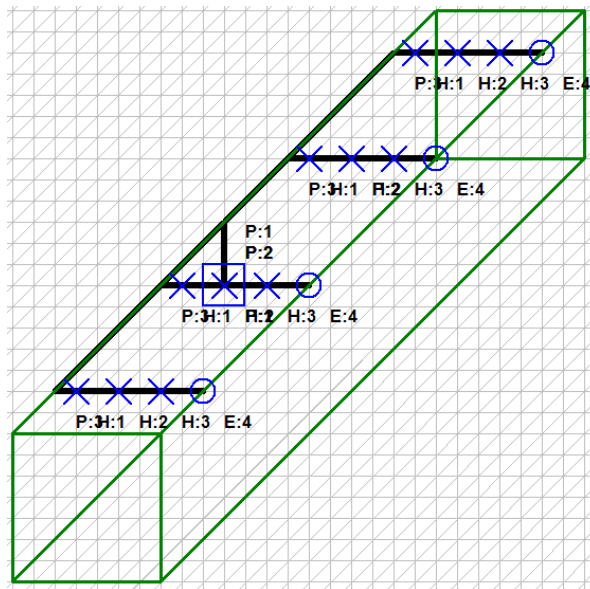


Figura 38 – Layout da zona A0-Z1.1 (3D)

É possível verificar nesta figura que o sistema possui 4 tubos, cada um com 3 orifícios para a entrada de ar, distanciados 2m do seguinte. O detector, tal como já foi referido, será instalado a 1,5m de pavimento, ao qual estarão ligadas as 4 tubagens do sistema.

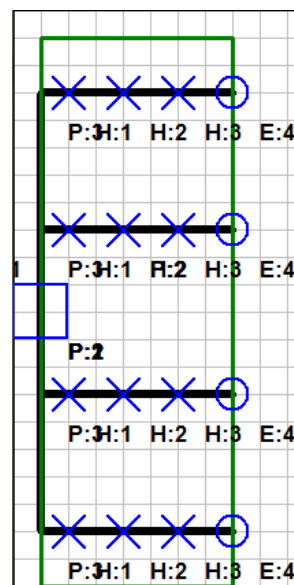


Figura 39 - Layout da zona A0-Z1.1 (2D)

As páginas de resultados da simulação, por serem bastantes e extensas (um por cada tubagem), poderão ser consultadas Anexo E. No entanto, é possível referir que no caso deste sistema não existe nenhum problema no seu dimensionamento pois todos os parâmetros definidos nas opções de cálculo são cumpridos, com particular incidência na *balance between sampling pipes*, que atinge o valor de 99,5%, valor este que está de acordo com o valor do *Balance min limit*, definido nas opções de cálculo. Como seria de esperar, o tempo que o ar a ser analisado demora até chegar ao detector vindo do

orifício e da tubagem mais distante (tubagem 1 e 4) cumpre na íntegra o tempo máximo definido pela regulamentação (120 segundos), com o valor de 46,2 segundos.

- **Zona A0 – Z1.2**

Tal como foi referido, esta zona é bastante semelhante à zona analisada no ponto anterior. Na Figura 40 podem ser consultadas as posições das tubagens e seus orifícios no espaço; e na figura seguinte (Figura 41), é possível verificar essas mesmas posições no plano.

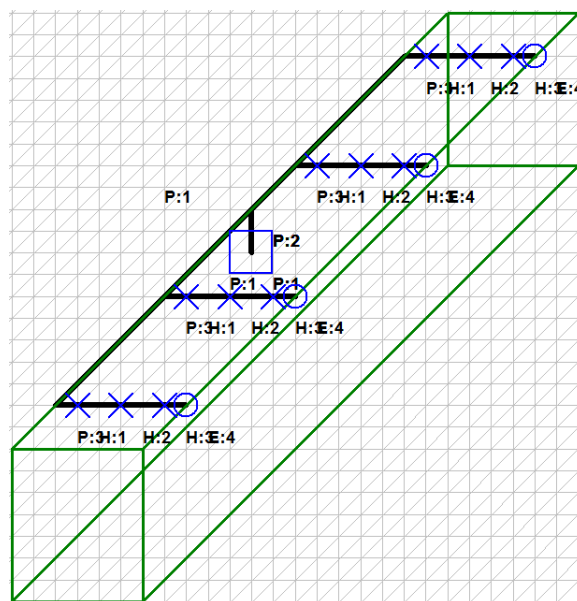


Figura 40 - *Layout da zona A0-Z1.2 (3D)*

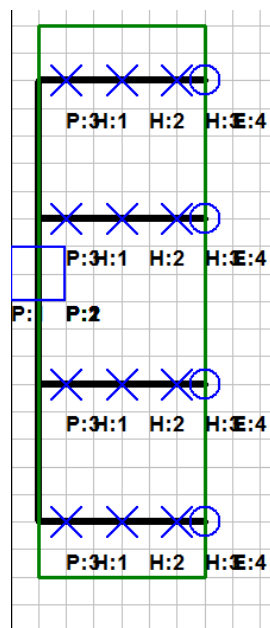


Figura 41 - *Layout da zona A0-Z1.2 (2D)*

Os resultados da simulação desta zona são bastante semelhantes aos da zona A0-Z1.1. O diâmetro dos orifícios é, para as quatro tubagens deste sistema, iguais aos da

zona anterior, com todos os orifícios a possuírem diâmetros de 3 mm, excepto o orifício número 4 com 4 mm. Neste caso, também a condição de *Balance min lim* é cumprida, com o *balance between sampling pipes* a atingir 99,5%. O *transit time* atinge o seu máximo na tubagem número 4, com 41,6 segundos. Este sistema possui, no seu total, um comprimento de tubagem de 54 m, menos 8m que a zona A0-Z1.1.

- **Zona A0 – Z2.1**

Esta zona terá uma configuração diferente das anteriores, por possuir dimensões menores. O sistema terá 3 tubagens, com um comprimento total de 73 metros. Na Figura 42 é possível ver, a três dimensões, a configuração deste espaço. Na Figura 43 apresenta-se a vista de planta do mesmo espaço com este sistema.

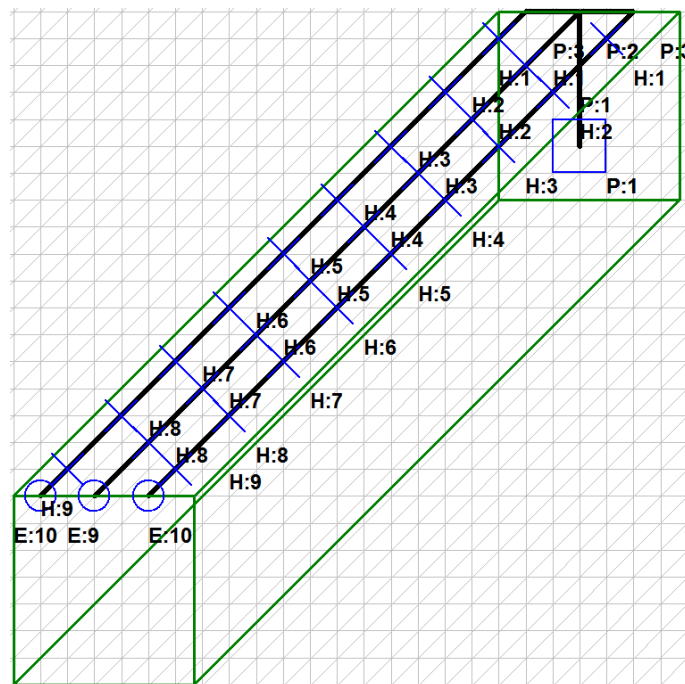


Figura 42 - Layout da zona A0-Z2.1 (3D)

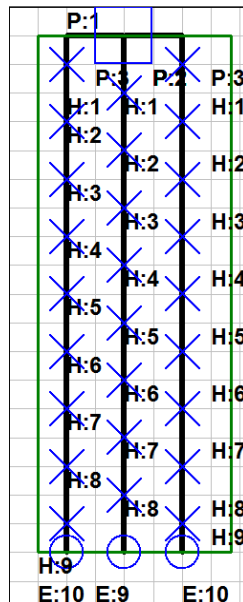


Figura 43 - Layout da zona A0-Z2.1 (2D)

Este sistema possui duas tubagens com 10 orifícios cada (da esquerda e da direita) e uma tubagem com 9 orifícios. Relativamente ao resultado da simulação, e sabendo que os parâmetros de cálculo continuam a ser os mesmos, os diâmetros dos orifícios possuem duas dimensões, de 3 e 4 mm, sendo que o último orifício de cada tubagem é o único a possuir o diâmetro de 4 mm. O *balance between sampling pipes* é de 99,7%, cumprindo o indicado nas opções de cálculo, e o tempo máximo de recolha de ar do orifício mais distante é na tubagem 1 (tubagem mais à esquerda na Figura 43), com 64,4 segundos (o mesmo que na tubagem 3).

- **Zona A0 – Z2.2**

A última zona do “Armazém 0” terá uma configuração semelhante à da zona anterior. O sistema também será composto por três tubagens, como pode ser visto nas figuras seguintes.

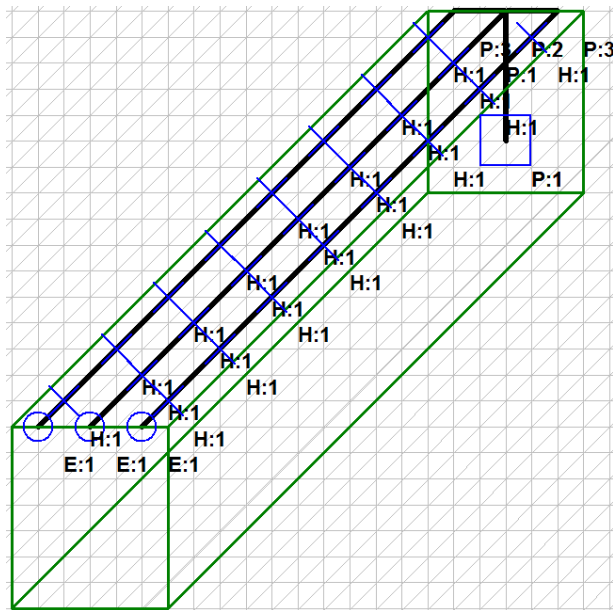


Figura 44 - Layout da zona A0-Z2.2 (3D)

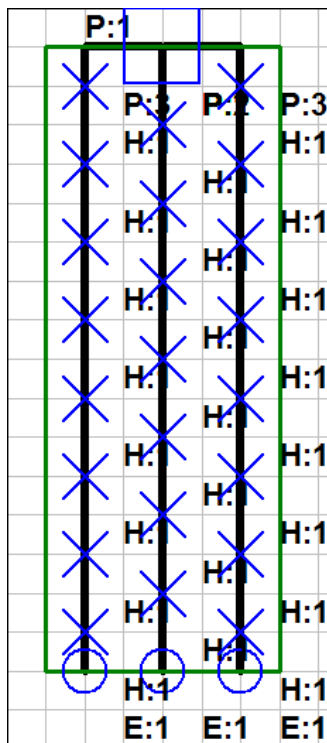


Figura 45- Layout da zona A0-Z2.2 (2D)

Nos resultados desta simulação, pode-se verificar que o *balance between sampling pipes* é de 99,6%, ou seja, cumpre o valor de *Balance min limit* (95%). A tubagem tem um comprimento total de 67 metros, sendo que o maior *transit time* corresponde a 57,2 segundos, tanto na tubagem 1 como na tubagem 3. O diâmetro dos orifícios é o mesmo que na zona A0-Z2.1.

➤ Armazém 1

O “Armazém 1” possui uma área total de 148 m². Neste espaço, optou-se também pela divisão do mesmo, tal como feito para o “Armazém 0”, mas como a área é substancialmente menor, haverá apenas duas zonas de detecção, definidas e designadas como se pode observar na Figura 46.



Figura 46 - Divisão do “Armazém 1” em 2 zonas

As dimensões das duas zonas de detecção do “Armazém 1” são:

- **A1 – Z1.1:** 17 x 6,7m;
- **A1 – Z1.2:** 10,2 x 5,4m.

Tal como nas zonas do “Armazém 0”, é possível agora analisar cada zona individualmente.

- **Zona A1 – Z1.1**

O *layout* desta zona pode ser visto nas figuras que se seguem.

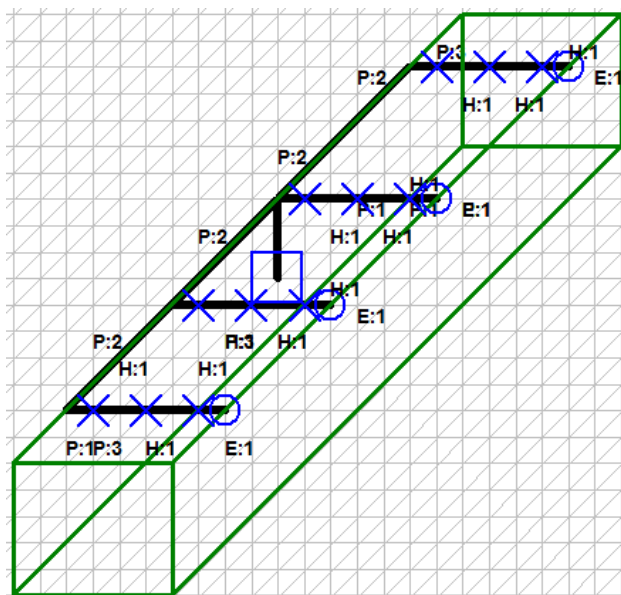


Figura 47 - Layout da zona A1-Z1.1 (3D)

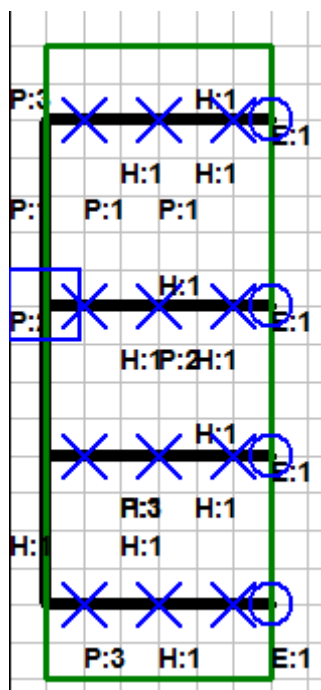


Figura 48 - Layout da zona A1-Z1.1 (2D)

Como se pode ver na Figura 47 e na Figura 48, este sistema é composto por 4 tubagens, cada uma com 4 orifícios. Os três primeiros orifícios de cada tubagem possuem um diâmetro de 3 mm, enquanto o mais afastado apresenta um diâmetro de 4 mm. O comprimento total de tubagens deste sistema é 53 metros. Como poderá ser consultados no Anexo E, a condição de *balance min limit* é cumprida, atingindo os 99,5%. O maior *transit time* acontece na tubagem número 4 (é a mais extensa, com 17 m) com 41,6 segundos, o que não apresenta qualquer problema para o sistema.

- **Zona A1 – Z1.2**

A segunda zona do “Armazém 1” será equipada com um sistema de detecção por aspiração com apenas 2 tubagens, visto que é a menor zona de detecção de qualquer sistema deste tipo neste edifício, não havendo por isso necessidade de instalar mais tubagens de detecção.

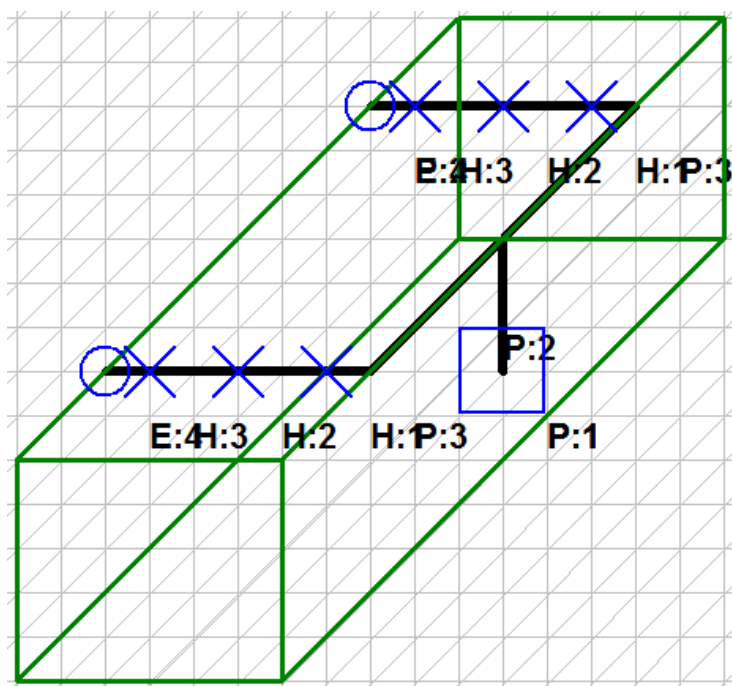


Figura 49 - Layout da zona A1-Z1.2 (3D)

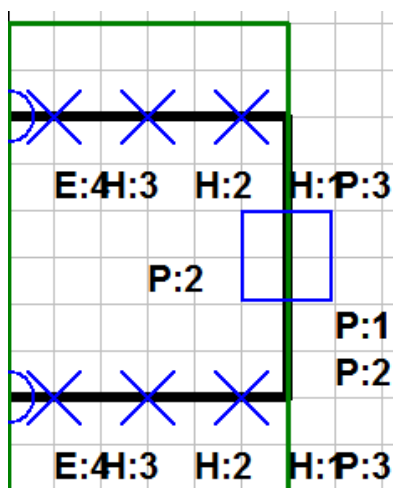


Figura 50 - Layout da zona A1-Z1.1 (2D)

Como seria de esperar, esta zona possui um comprimento total de tubagem bastante menor que as restantes zonas, com 24 metros. Possui no total 8 orifícios, com diâmetros de 3 e 4 mm (o último orifício de cada tubagem são os únicos com diâmetro de 4 mm). Não existe problemas com o tempo que o ar demora a chegar ao detector vindo do

último orifício (20,9 segundos) e o *balance between sampling pipes* atinge o valor ideal, ou seja, 100%.

9.4.2. Extinção de Incêndios

9.4.2.1. Extintores Portáteis

De acordo com RT-SCIE, todas as UT's (com exceção às UT – I das 1ª e 2ª categoria de risco) devem ser equipadas com extintores devidamente dimensionados e adequadamente distribuídos.

Desta forma, o edifício em estudo será munido de agentes extintores móveis do tipo ABC, de 6 kg, com a eficácia 21A. Conforme foi visto no capítulo 3.3.1, e tendo em conta que se trata de uma gráfica, são previsíveis fogos de classe A e possivelmente da classe B, sendo que este tipo de agente extintor móvel apresenta os melhores argumentos nos incêndios que possam vir a acontecer no edifício.

A “Copa”, localizada no piso 2, por ser um local onde se prevê que as pessoas façam refeições rápidas, deverá também possuir uma manta ignífuga.

O ponto 2 do artigo 163º do mesmo regulamento refere que os extintores portáteis devem ser calculados à razão de um por cada 200 m² de pavimento do piso ou fracção, com um mínimo de dois por piso. No mesmo artigo, é referido que 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 os 15 m.

Como nesta área a regulamentação não define exactamente a quantidade de extintores a serem colocados, cabendo ao projectista estabelecer o número de aparelhos, foi definido que haveria um extintor num raio de 15 m no piso 2, e num raio de 10 m nos pisos 0 e 1. Foram também colocados extintores portáteis nas diferentes áreas técnicas presentes no edifício. Estas condições respeitam o que vem descrito anteriormente, em conformidade com o RT-SCIE. A localização dos extintores portáteis nos diferentes pisos pode ser consultada nas peças desenhadas.

Os extintores portáteis devem estar devidamente sinalizados e instalados em locais bem visíveis, colocados em suporte próprio. O seu manípulo deve ficar a uma altura não superior a 1,2m do pavimento.

A tabela seguinte (Tabela 18) resume o número de extintores portáteis a serem colocados por piso e por espaço, com o total de 35.

Tabela 18 - Número de extintores móveis no edifício

Piso	Nº de extintores por piso	Nº de extintores por espaço
0	16	Área técnica 0 – 1 Garagem – 4 Átrio de entrada -1 Armazém 0 -10
1	13	Área técnica 1 – 1 Armazém 1 – 5 Sala da Pré-Press - 6
2	4	Área técnica 2 – 1 Corredor – 2 Secretariado 1- 1
Cobertura	2	Área técnica 3 – 1 Sala de Máquinas - 1

9.4.2.2. Coluna Húmida

O artigo 168º do RT-SCIE refere, no seu ponto 2, que as UT da 3ª categoria de risco ou superior devem ser servidas por redes húmidas. No edifício em estudo, e tal como já se explicou nos capítulos anteriores, existem três espaços classificados como da 3ª categoria de risco: os dois armazéns e a “Sala da Pré-Press”, ambos da utilização-tipo XII.

O artigo 164º define que devem ser servidas por redes de incêndio armadas com bocas-de-incêndio do tipo carretel as utilizações-tipo II a VIII,VI e XII da 2ª categoria de risco ou superior. Neste caso de estudo, apesar de só existirem espaços classificados com 1ª e 3ª categoria de risco (os da 3ª categoria já estão cobertos pela coluna húmida), considerou-se por bem dimensionar a rede para todo o edifício.

O edifício em questão será dotado de uma coluna húmida, com bocas de incêndio e bocas de incêndio armadas do tipo carretel, com mangueiras de comprimento total de 20 m e carretéis de 20 mm. O número de bocas de incêndio no edifício, por piso, é o seguinte:

- Piso 0: 2 BITC e 2 BI;
- Piso 1: 2 BITC e 1 BI;
- Piso 2: 1 BITC e 1 BI.

A Figura 51 apresenta um esquema em perspectiva isométrica da coluna húmida do edifício. Este esquema possibilitou a elaboração dos cálculos que podem se consultados no Anexo C. De referir que a pressão e caudais mínimos utilizados para o cálculo da coluna húmida foram de 350 kPa e 4 L/s, respectivamente, pois são condições que cumprem o exigido para este tipo de sistema e cobrem ao mesmo tempo as condições indicadas para as BITC's (250 kPa e 1,5 L/s).

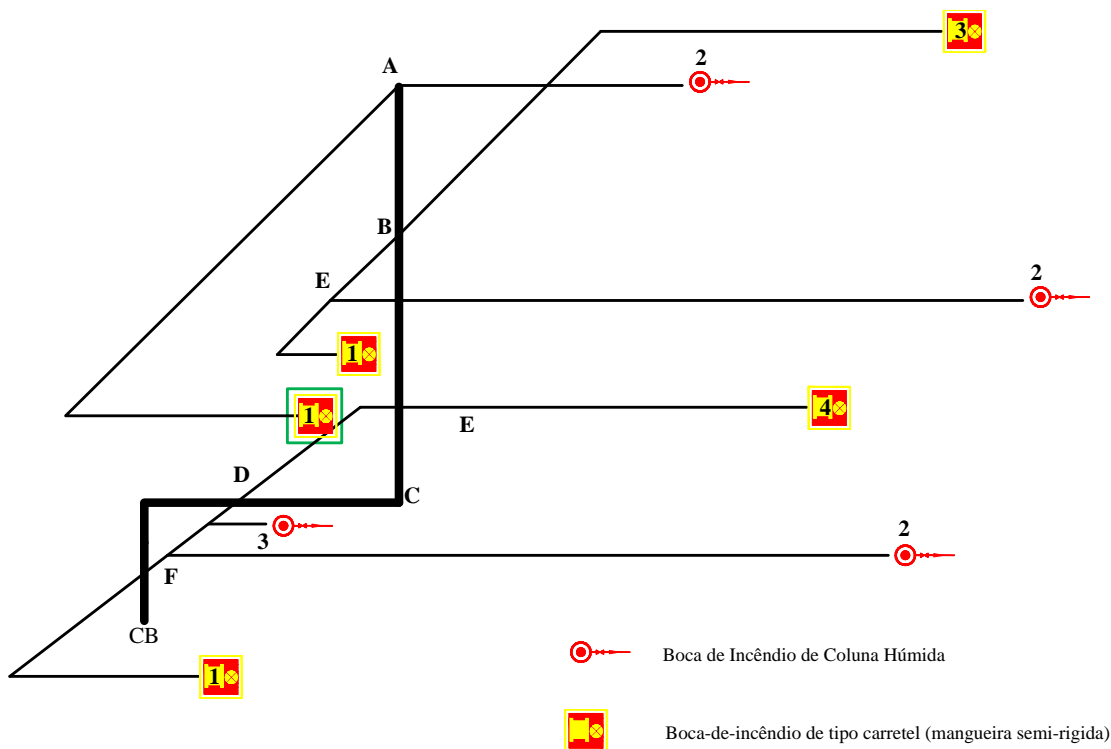


Figura 51 – Esquema isométrico da disposição das BI's e das BITC's

Segundo este esquema e consultando o Anexo C, a pressão necessária mais desfavorável na coluna (ponto 1, assinalado a verde) seria de 788 kPa. Este valor é fruto da soma da pressão exigida pelo regulamento (350 kPa), mais a perda de carga em toda a tubagem da rede e ainda da altura manométrica do edifício. O caudal necessário para a rede será o produto entre o número de bocas em funcionamento simultâneo (4) pelo caudal instantâneo em cada uma, ou seja, 58 m³/h.

9.4.2.3. Sistema de Extinção Automática de Incêndios por Água

Como já foi explicado anteriormente, o edifício em questão é dotado de um sistema de extinção automática por água. Por serem sistemas que envolvem inúmeros cálculos, as tabelas respectivas a cada sistema podem ser consultadas nos Anexo B, sendo que as considerações para este sistema já foram analisados no capítulo 5.1.1.3.

9.4.2.4. Dimensionamento do RASI

Tal como já foi explicado no capítulo 7.1, o edifício em questão será dotado de um reservatório privativo do serviço de incêndios para assegurar água aos sistemas de extinção de incêndios instalados no edifício.

Neste edifício não existem sistemas de cortinas de água pelo que o factor Q_C é 0, tal como o factor Q_H , pois considerou-se que os hidrantes exteriores são abastecidos pela rede pública. Os restantes factores, como já foi abordado, apresentam os seguintes valores:

$$Q = Q_1 + Q_2 = (3.1,5.60) + (2.4.60) = 750 \text{ L/min}$$

$$Q_s = 10.260 = 2600 \text{ L/min}$$

$T = 90 \text{ min}$ (tempo de autonomia da maior categoria de risco do edifício)

Sendo assim, e de acordo com a equação [14], tem-se que:

$$C = (750 + 2600)90 = 301.500 \text{ L} = 301,5 \text{ m}^3$$

O RASI deveria então possuir uma capacidade mínima de $301,5 \text{ m}^3$ e cumprir os requisitos dispostos no RTSCIE e na NT n°14 da ANPC.

9.4.2.5. Dimensionamento da CBSI

A CBSI, tal como foi visto no capítulo 7.2 é um componente fundamental num sistema de extinção de incêndios. Desta forma, e tendo em conta o que já foi mencionado para o cálculo do RASI, segundo a expressão [20] temos que:

$$Q_n = (750 + 2600 +)0,06 = 201 \text{ m}^3/\text{h}$$

No que diz respeito à pressão nominal, esta foi determinada por cálculo hidráulico das redes (cálculos que podem ser consultados em anexo), considerando a pressão dinâmica mais desfavorável em cada meio de extinção, o que resultou numa pressão de $896,4 \text{ kPa}$ ($787,5 \text{ kPa}$ da coluna húmida mais $108,8 \text{ kPa}$ do sistema de aspersores), ou seja, $89,6 \text{ m.c.a.}$

Sendo assim, o caudal nominal das bombas principais será de $201 \text{ m}^3/\text{h}$, com uma pressão dinâmica mínima de $89,6 \text{ m.c.a.}$

Postas estas características, e de acordo com as três hipóteses de concepção de centrais de bombagem definidas na NT n° 15 da ANPC, esta central de bombagem será constituída por:

- Uma bomba principal eléctrica.
- Uma motobomba principal.
- Uma bomba auxiliar eléctrica (jockey).
- Alimentação de energia eléctrica pela rede pública.

A opção por esta concepção prendeu-se com o facto de ser uma hipótese que assegura o funcionamento da instalação em caso de falha eléctrica e não existe a necessidade de dimensionar fontes de alimentação de emergência nem depósitos de alimentação de combustível (no caso de a central possuir duas motobombas).

10. Conclusões

Os incêndios são, provavelmente, a catástrofe que atinge as pessoas com mais regularidade. Uma leve distração, como um cigarro aceso, uma ponta de cigarro mal apagada, podem dar início ao incêndio. No entanto, também é possível a deflagração de um incêndio de maneira menos previsível, como um curto-circuito num quadro eléctrico ou a exposição intensa e continuada ao Sol da madeira. É por estes factores, e pelo facto de os incêndios serem devastadores quando não são controlados e extintos na sua fase inicial, que a temática da protecção de incêndios toma bastante importância.

Com a pesquisa efectuada foi possível concluir que os detectores ópticos de fumos são os detectores usados mais frequentemente em instalações de detecção de incêndios, por serem os que possuem a resposta mais rápida e por se adequarem a inúmeros sítios e locais. A detecção por aspiração, abordada neste trabalho, é ainda pouco conhecida e aplicada, não só por funcionar de maneira diferente dos restantes detectores mas também por ser aplicável em edifícios específicos, amplos e com um pé-direito alto. Para além disso, a relação custo-benefício ainda não permite a aposta neste tipo de sistema.

São diversas as maneiras de controlar um incêndio e actualmente, em Portugal, já existe a regulamentação necessária para que sejam elaborados projectos de SCIE com rigor técnico suficiente para assegurar o mínimo de danos materiais e humanos possíveis. Existe a definição de utilizações-tipo, categorias e locais de risco para que se conheça quais os tipos de edifícios a serem protegidos (ou não), contra incêndios e de que forma se deve fazê-lo. No entanto, essa regulamentação está longe de ser perfeita, pois relativamente aos sistemas de extinção automática por água (sistemas de aspersores), a nossa legislação não apresenta critérios suficientes para cobrir os aspectos ligados aos aspersores, como o seu posicionamento, métodos de dimensionamento, entre outros. Por esse motivo, é necessário recorrer a normas estrangeiras, nomeadamente a NFPA 13 (para o caso em questão) pois há uma melhor definição do *how-to* deste tipo de sistemas, o que vai permitir uma utilização mais eficaz do mesmo. É ainda de salientar que a conjugação de normas diferentes pode tornar o projecto incoerente, sendo por isso necessário ter especial atenção nos pontos que divergem nas normas aplicáveis.

Um projecto de SCIE, segundo o DL n°220/2008, só pode ser submetido a aprovação se for efectuada uma memória descritiva de acordo com o que está descrito neste decreto-lei. É necessário analisar aspectos que se prendem com questões arquitectónicas e ligadas à engenharia civil, tais como a resistência dos materiais ao fogo, existência de caminhos de evacuação, entre outros.

O dimensionamento de sistemas de protecção contra incêndios é uma área da engenharia bastante complexa e minuciosa pois para além de todos os conhecimentos que é necessário adquirir para elaborar um projecto fiável, é necessário também acreditação específica por parte de entidades competentes nesta área (ANPC;OE,OET) apoiadas por decretos regulamentares.

Bibliografia

- [1] Associação Portuguesa de Segurança Electrónica e de Protecção de Incêndio (APSEI), Ficha Técnica nº4 – Sistema Automático de Detecção de Incêndio Tipo Convencional, Setembro de 2006
- [2] Associação Portuguesa de Segurança Electrónica e de Protecção de Incêndio (APSEI), Ficha Técnica nº13– SADI Tipo Convencional – Detector Térmico, Dezembro de 2007
- [3] Associação Portuguesa de Segurança Electrónica e de Protecção de Incêndio (APSEI), Ficha Técnica nº18 – SADI Tipo Convencional – Botão de Alarme Manual, Agosto de 2008
- [4] Associação Portuguesa de Segurança Electrónica e de Protecção de Incêndio (APSEI), Ficha Técnica nº34 – Extintores de Incêndio Móveis, Setembro de 2010
- [5] Associação Portuguesa de Segurança Electrónica e de Protecção de Incêndio (APSEI), Ficha Técnica nº26 – SADI Tipo Convencional – Detector de Fumo por Aspiração, Janeiro de 2010
- [6] Associação Portuguesa de Segurança Electrónica e de Protecção de Incêndio (APSEI), Ficha Técnica nº27 –Sistemas Fixos de Extinção Automática de Incêndio por Sprinklers, Setembro de 2009
- [7] Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC). Nota Técnica nº 12 – Sistemas Automáticos de Detecção de Incêndio. 2011.
- [8] Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC). Nota Técnica nº 13 – Redes Secas e Húmidas 2011.
- [9] Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC). Nota Técnica nº 04 – Simbologia Gráfica para Plantas de SCIE. 2011.
- [10] Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC). Nota Técnica nº 12 – Sistemas Automáticos de Extinção por Água. 2011.
- [11] Bosch Aspirating Smoke Detectors 420 Series, 2008
- [12] Decreto-Lei nº 220/2008 de 12 de Novembro, Diário da República nº 220 – I Série, Ministério da Administração Interna, Lisboa.
- [13] Despacho nº 2074/2009 de 15 de Janeiro, Diário da República nº 10 – II Série, Ministério da Administração Interna, Lisboa.
- [14] Fernandes, Miguel Alexandre Pinelo, *Desenfumagem (Controlo de Fumo) em Edifícios De Grande Extensão*, Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2007/2008 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008.
- [15] Gonçalves, O., Feitosa, E., *Sistemas de Chuveiros Automáticos*, Texto Técnico, Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1998.
- [16] Lopes, José Pedro, *Técnicas de Protecção Civil II*, Escola Superior d

- [17] Tecnologia e Gestão de Beja, 2004
- [18] Mendes, Luís F. Almeida, *Sistemas Prediais de Combate a Incêndio*, com Água, Dezembro de 2011
- [19] National Fire Protection Association (NFPA 13), *Standard for the Installation of Sprinkler Systems*, 2002.
- [20] Pinhal, Bárbara E.S.Gomes, *Controlo de Fumos – Evolução e Tendências*, Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2009/2010 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009.
- [21] Pedroso, Vítor, *Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas*, LNEC, 2008
- [22] *PipeCAD System Design and Installation User Guide*, UTC Fire and Security
- [23] Portaria nº 1532/2008 de 29 de Dezembro, Diário da República nº 250 – I Série, Ministério da Administração Interna, Lisboa
- [24] PROSEGUR TECNOLOGIA – Novos Horizontes da Segurança
- [25] Rebelo, Luís M.B., *Sistemas de Automação e Manutenção de edifícios – Concepção de sistemas de detecção e protecção contra incêndios de uma unidade hoteleira*, ISEL, 2010.
- [26] Resende, Rogério Manuel Teixeira, *Detecção e Alarme de Incêndio – Sistemas Actuais*, Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2008/2009 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009.
- [27] Rodrigues, Jorge; Nunes, Luís Baptista, *Hidráulica*, Escola Nacional de Bombeiros, Sintra, 2005
- [28] Miguel, Alberto Sérgio S.R., *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho*, 10ª. Edição, Porto Editora, 2007.
- [29] System Sensor Europe, *Guide to Conventional Fire Systems*, 2004.
- [30] Trindade, Paula Alexandre Dias, *Meios de Extinção de Incêndios – Sistemas Automáticos por Água*, Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2008/2009
- [31] Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009.
- [32] <http://www.airsensetechnology.com/stratos.htm> - Consultado a 4-7-2013
- [33] <http://www.allianz.pt> – Consultado a 22-09-2013
- [34] <http://amconstrucaolocadora.blogspot.pt/2012/09/classificacao-do-incendios.html> - Consultado a 26-12-2012
- [35] <http://www.areahumana.pt> – Consultado a 22-09-2013
- [36] <http://www.areaseg.com/fogo/> - Consultado a 19-11-2012
- [37] <http://www.argus-engenharia.com.br> – Consultado a 12-09-2013
- [38] <http://cienciahoje.uol.com.br> - Consultado a 1-11-2012
- [39] <http://www.contimetra.com> – Consultado a 22-2-2013
- [40] <http://www.cne-escutismo.pt> – Consultado a 12-09-2013

- [41] <http://www.depimex.com> – Consultado a 10-09-2013
- [42] <http://http://www.enb.pt> – Consultado a 2-6-2013
- [43] <http://www.incendioepanico.com.br> - Consultado a 7-5-2013
- [44] <http://www.luisgoncalves.pt> – Consultado a 20-09-2013
- [45] <http://www.nufor.uevora.pt/> - Consultado a 26 - 19-11-2012
- [46] <http://http://www.pefipresa.com> – Consultado a 10-9-2013
- [47] <http://www.pintocruz.pt> – Consultado a 12-06-2013
- [48] <http://www.prehistoria.templodeapolo.net/> – Consultado a 1-11-2012
- [49] <http://www.procivmadeira.pt> – Consultado a 20-06-2013
- [50] <http://www.proteccaocivil.pt> - Consultado a 15-2-2013
- [51] <http://www.samtek.com.br> – Consultado a 2-5-2013
- [52] <http://www.sapadoresdecoimbra.no.sapo.pt/> - Consultado a 20-2-2013
- [53] <http://www.sintimex.pt> – Consultado a 15-05-2013
- [54] <http://http://www.surysystems.pt> – Consultado a 10-09-2013
- [55] <http://www.systemsensoreurope.com> – Consultado a 5-7-2013
- [56] <http://www.treminas.com.br/brigada.html> - Consultado a 26-12-2012
- [57] <http://www.trisafesolutions.com> – Consultado a 7- 5 -2013

ANEXO A - Software PipeCAD

O dimensionamento dos sistemas de detecção de incêndios por aspiração foi feito com recurso ao *software* PipeCAD (propriedade da *UTC Fire & Security*), próprio para estabelecer a posição dos detectores e efectuar os cálculos inerentes a estes, estando em conformidade com a *EN 54-20:2006 - Sistemas de detecção e alarme de incêndio – Parte 20: Detectores de fumo por aspiração*. Por não ser um programa de cálculo comum, de seguida serão apresentados os passos que foram tomados para chegar à solução final dos sistemas de detecção de fumo por aspiração do edifício.

A Figura A.1 representa a página de abertura do programa.

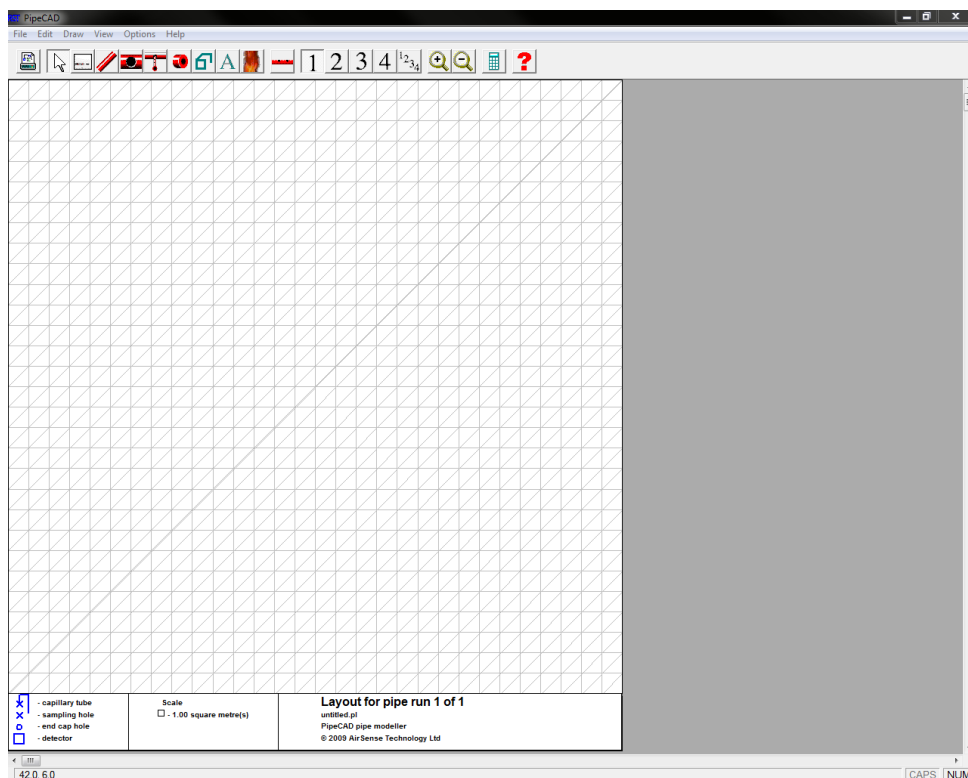


Figura A.1 – Página de inicial do *PipeCAD*

O primeiro passo a realizar é definir o layout do espaço. Aqui, é necessário definir a altura, largura e pé-direito do espaço. Após esta tarefa, é possível visualizar o espaço tanto a três dimensões (3D) como a duas dimensões (2D), como se pode ver nas Figura e Figura .

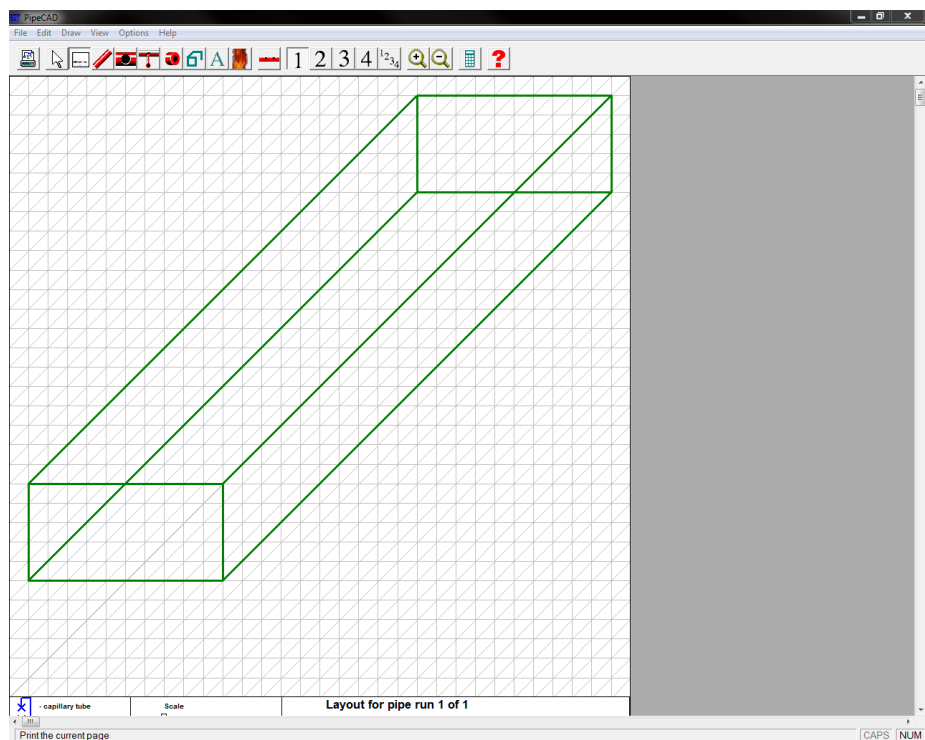


Figura A.2 – Visualização do espaço a 3D

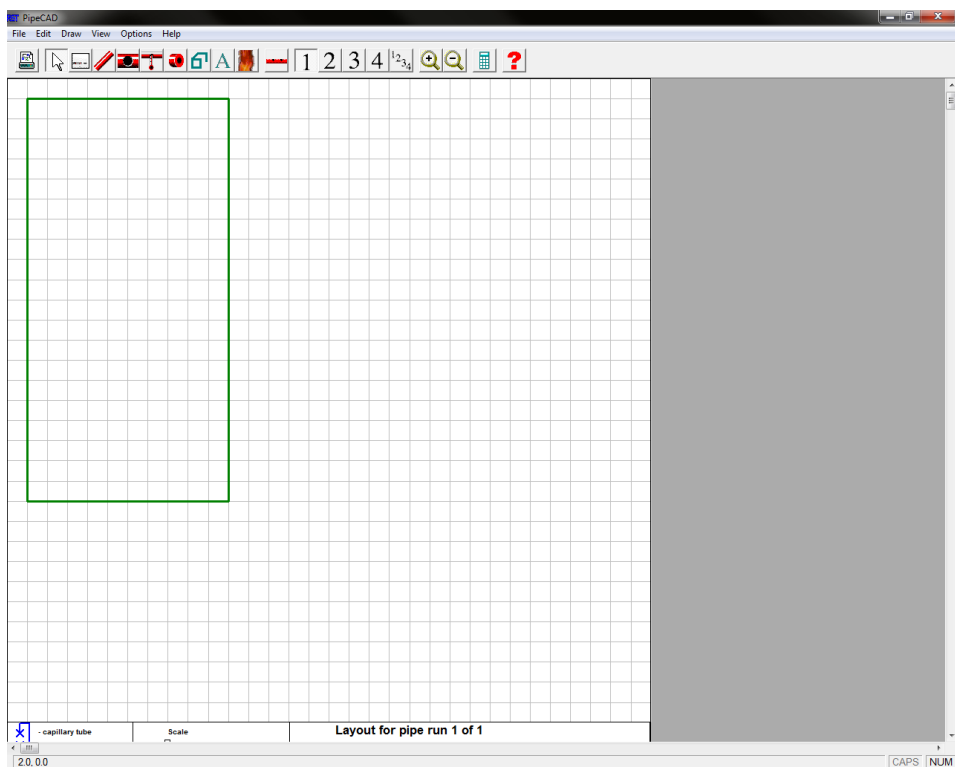


Figura A.3 – Visualização do espaço a 2D

De seguida, é necessário definir a localização do detector, ou módulo de detecção, tanto no espaço como a altura a que este vai ficar. O detector é definido como um quadrado azul, e é a partir daqui que vão ser desenhadas as tubagens de ar (linhas pretas) e os seus orifícios, pelos quais irão ser recolhidas pequenas amostras para análise no detector. Uma instalação não está completa sem o *End cap*, que representa o final da

tubagem, e que possibilita que os cálculos sejam ser efectuados. A Figura A.4 apresenta uma tubagem já com orifícios (representados por cruces).

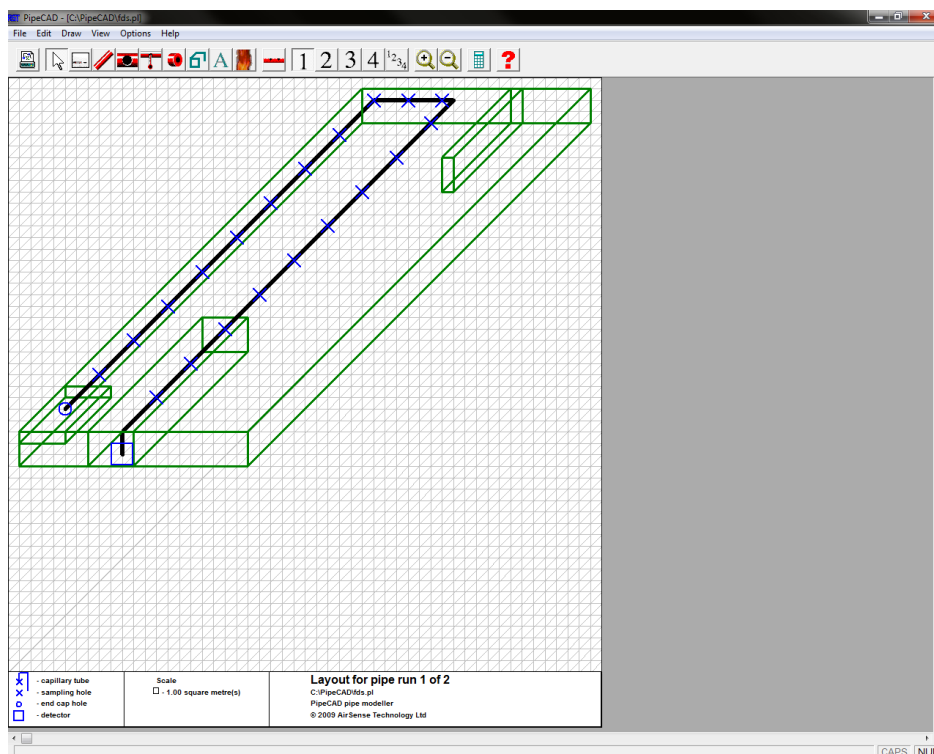


Figura A.4 - Exemplo de um layout com tubagens e orifícios

Após estar definido o layout do espaço, bem como as suas tubagens e respectivos orifícios, é necessário proceder aos cálculos do sistema. No menu Options, existe um submenu, *Calculate*, onde se define, de entre três opções, o método de cálculo a ser usado. Essas três opções são:

- *Use set hole sizes*: Esta opção é a indicada para quando é necessário ter o controlo completo do tamanho do orifício. O diâmetro do orifício não é, portanto, alterado durante a verificação de resultados.
- *Best flow balance*: Nesta opção, os diâmetros dos orifícios podem ser diferentes, dentro dos limites especificados nas opções dos orifícios que serão explicadas posteriormente. Como é referido no manual do programa, esta é opção que mais se ajusta à maioria dos cenários e como tal foi seleccionada para o caso em questão.
- *Max. permissible transit time*: O aspecto mais crítico nesta opção é o tempo de fluxo dos orifícios até ao detector. Tal como na opção anterior, os fluxos são dimensionados para serem constantes em cada orifício e alcançado esse objectivo, verifica-se o tempo de fluxo. Quando este se encontra fora do limite definido, o diâmetro dos orifícios é ajustado para diminuir este tempo.

Para que os cálculos sejam efectuados de maneira correcta, é necessário ainda definir as opções de cálculo do orifício (Figura):

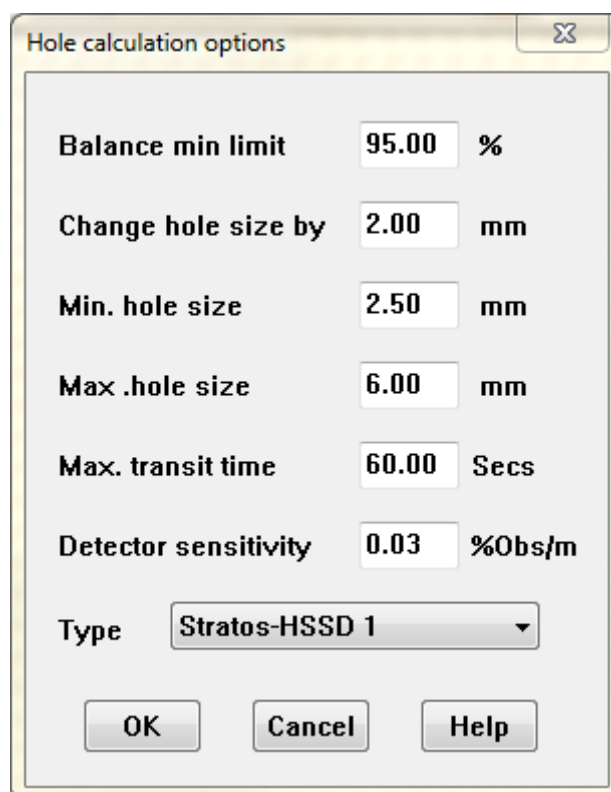


Figura A.5 – Submenu de opções de cálculo dos orifícios

Como se pode ver pela figura acima, é necessário definir os seguintes parâmetros:

- *Balance min limit*: Este parâmetro é importante se a escolha da opção de cálculo tiver sido a *Best flow balance*. Especifica a percentagem mínima de fluxo de ar que deve ser estabelecida entre todas as tubagens de ar. Um sistema com uma percentagem de balanço alta apresenta melhores resultados.
- *Change hole size by*: Neste parâmetro é definido o diâmetro mínimo do orifício que o *software* pode alterar em cada iteração que efectua, para atingir o melhor fluxo entre tubos.
- *Min and Max hole sizes*: Aqui são definidos os tamanhos mínimos e máximos dos orifícios de recolha do ar. O programa calcula o melhor fluxo de ar entre o diâmetro mínimo e máximo indicado.
- *Max transit time*: Aqui é definido o tempo máximo de fluxo do orifício mais distante do detector, e é utilizado quando se escolhe a opção *Max. permissible transit time*. Se for necessário para diminuir este tempo, o diâmetro dos orifícios é aumentado.
- *Detector sensitivity*: A sensibilidade do detector varia de acordo com a limpeza da área protegida. O seu valor deve ser atribuído com base numa estimativa do funcionamento do tipo de detector escolhido. Para o caso em estudo, considerou-se a sensibilidade de 0,03%Obs/m, valor dentro dos parâmetros do catálogo do fabricante.
- *Type*: Existem várias opções de escolha para o tipo de detector. Neste caso, foi escolhido o detector *Stratos-HSSD 1*, que possibilita o maior comprimento das tubagens de aspiração.

Definidas as opções de cálculo dos orifícios, já é possível efectuar o comando *Calculate*, para que o programa possa proceder aos cálculos do sistema. Um exemplo da página de resultados pode ser visto na Figura .

Hole number	Hole size mm	Flow litre/min	Flow percentage	Transit time seconds	Hole sensitivity % obs/m
1	3.00	6.58	11.2%	2.6	1.06%
2	4.00	4.39	7.5%	3.3	1.59%
3	3.00	5.95	10.1%	3.7	1.18%
4	3.50	4.53	7.7%	5.0	1.54%
5	4.00	4.18	7.1%	6.5	1.67%
6	4.50	3.26	5.5%	8.2	2.14%
7	4.00	3.30	5.6%	11.4	2.12%
8	4.00	3.02	5.1%	13.5	2.31%
9	4.50	2.50	4.3%	14.3	2.80%
10	4.50	2.73	4.7%	17.0	2.56%
11	4.50	2.41	4.1%	22.1	2.90%
12	5.00	2.08	3.5%	29.2	3.36%
13	5.00	1.93	3.3%	33.3	3.62%
14	5.00	1.89	3.2%	34.9	3.70%
15	5.00	1.75	3.0%	42.4	4.00%
16	5.00	1.66	2.8%	49.2	4.22%
17	8.00	6.63	11.3%	52.1	1.05%

The balance between sampling holes is 60.8%. The balance between sampling pipes is 99.4%.

Flow rate for this pipe is 58.8 litres per minute with the aspirator set to 16.
The total flow rate is 233.0 litres per minute.

Detector sensitivity is set to 0.03% obs/m in the hole calculation options.
The detector type is Stratos-HSSD 2.

There are 0 holes on this pipe run excluding the endcap hole.
There are 16 capillaries on this pipe run.

This pipe run length is 51.00 metres.
The total pipe length is 208.00 metres.

Figura A.6 – Resultados do *PipeCAD*

A página de resultados apresenta a análise e o cálculo efectuados pelo programa para o sistema de detecção por aspiração em estudo, para cada tubagem do sistema. Se alguma premissa for ultrapassada, surge um valor ou frase a encarnado. Nesta página, podem-se analisar os seguintes parâmetros:

- *Hole number*: Número do orifício, atribuído pelo *software* para melhor identificação do mesmo.
- *Hole size*: Diâmetro do furo. Este valor pode ser alterado manualmente, clicando duas vezes no mesmo, o que faz surgir uma nova janela com as características do orifício e a sua localização no espaço (coordenadas x, y e z).
- *Flow*: Caudal que entra em cada orifício, em litros por minuto
- *Flow percentage*: percentagem de caudal que entra no orifício relativo ao caudal total de ar da tubagem
- *Transit time*: Tempo que o ar demora a chegar ao detector. Segundo a regulamentação, o tempo máximo que decorre desde que o ar é recolhido no orifício mais distante até chegar ao detector não deverá ultrapassar os 120 segundos.
- *Hole sensitivity % obs/m*: Esta é a concentração estimada de fumo que deve ser amostrado pelo furo de modo a provocar uma leitura de 1 bar no gráfico de barras do detector.

As outras informações que se apresentam informam qual é a velocidade de aspiração (pode ser escolhida de 1 a 16 no submenu *Aspirator Speed*, sendo que a velocidade 16 é a velocidade máxima a que um sistema que possui 4 tubagens consegue funcionar de maneira fiável), o comprimento total da tubagem, entre outros.

ANEXO B - Dimensionamento da rede de aspersores

Garagem	
Norma:	NFPA 13
Risco:	Grave
Área do espaço (m ²)	224
Área max de cobertura do aspersor (m ²)	12
K do aspersor	80
Área operação (m ²)	144
Densidade de descarga (L/min/m ²)	5
Número aspersores na AO	12
Lado maior do rectângulo (m)	14,4
Caudal no aspersor + desfavorável (L/min)	60
Pressão no aspersor + desfavorável (kPa)	56,25
velocidade na tubagem (m/s)	3
Tubagem	Aço galvanizado
Coefficiente Hazen-williams	120
d1(mm)	25
d2(mm)	25
d3 (mm)	32
d4 (mm)	40
d5 (mm)	50
d6 (mm)	70
d6 (mm)	80
Esp. Entre aspersores (m)	3
Esp. entre ramais (m)	3,7
Calibre aspersores (mm)	15
Tempo de descarga (min)	60
Esp. Entre aspersores e pontos (m)	1
Esp. Mínimo entre aspersores (padrão-ordinário)	1,8
Nº Total de aspersores	18

Garagem

Aspersor/Troço/Ponto	Q (L/min)	P (kPa)	hp (kPa/m)	Calibre aspersores (mm)	Diâmetro tubagem (mm)
S1	60,0	56,3		15	
T1-2	60,0	7,8	2,6		25
S2	64,0	64,1		15	
T2-3	124,0	8,8	2,9		25
S3	68,3	72,9		15	
T3-4	192,4	3,0	1,0		32
S4	69,7	75,9		15	
T4-A	262,1	0,3	0,3		40
P.A	262,1	76,3			
TA-B	262,1	5,1	1,4		50
P.B	557,2	81,3			
TB-C	557,2	20,4	5,5		50
S10	124,0	64,1		15	
T10-11	124,0	8,8	2,9		25
S11	124,0	72,9		15	
T11-12	124,0	9,0	3,0		32
S12	124,0	81,9		15	
T12-C	124,0	1,0	1,0		40
P.C	699,0	101,7			
PC-X	699,0	3,0	1,6		70
PX	699,0	104,7			
PX-PConsGAR	699,0	0,76516	0,850		80
PconsGAR-Dep	699,0	14,8781	0,850		80

Sala da Pré-Press	
Norma:	NFPA 13
Risco:	Grave
Área do espaço (m ²)	497
Área max de cobertura do aspersor (m ²)	12
K do aspersor	115
Área operação (m ²)	260
Densidade de descarga (L/min/m ²)	10
Número aspersores na AO	21
Lado maior do rectângulo (m)	19,0
Caudal no aspersor + desfavorável (L/min)	120
Pressão no aspersor + desfavorável (kPa)	108,8846881
velocidade na tubagem (m/s)	3
Tubagem	Aço galvanizado
Coefficiente Hazen-williams	120
d1(mm)	25
d2(mm)	32
d3 (mm)	40
d4 (mm)	50
d5 (mm)	70
d6 (mm)	80
d7(n° sprink.)	100(55)
d8(n° sprink.)	125(90)
Esp. Entre aspersores (m)	3,7
Esp. entre ramais (m)	3
Calibre aspersores (mm)	20
Tempo de descarga (min)	90
Esp. Entre aspersores e pontos (m)	1,05
Esp. Mínimo entre aspersores (padrão-ordinário)	1,8
Esp. Max entre aspersores	3,7
N° Total de aspersores	40

Sala da Pré-Press					
Aspersor/Troço/Ponto	Q (L/min)	P (kPa)	hp (kPa/m)	Calibre aspersores (mm)	Diâmetro tubagem (mm)
S1	120,0	108,9		20,0	
T1-2	120,0	34,8	9,414		25,0
S2	137,9	143,7		20,0	
T2-3	257,9	13,5	3,657		32,0
S3	144,2	157,3		20,0	
T3-4	402,1	5,0	1,341		40
S4	146,5	162,2		20,0	
T4-5	548,5	5,1	1,380		40
S5	148,8	167,3		20,0	
T5-6	697,3	5,3	1,420		40
S6	151,1	172,6		20,0	
T6-7	848,4	1,8	0,493		50
S7	151,9	174,4		20,0	
T7-8	1000,2	1,8	0,498		50
S8	152,7	176,2		20,0	
T8-9	1152,9	0,4	0,098		70
S9	152,8	176,6		20,0	
T9-10	1305,7	0,4	0,098		70
S10	153,0	177,0		20,0	
T10-11	1458,7	0,4	0,098		70
S11	153,1	177,3		20,0	
T11-A	1611,8	0,1	0,098		70
P.A	1611,8	177,4			70
TA-B	1611,8	22,9	7,642		70
P.B	3248,6	200,4	7,642		70
P.B - PConsA0	3248,6	44,7	27,944		70
PConsA0-Dep	3248,6	102,1	14,6		70

Armazém 1	
Norma:	NFPA 13
Risco:	Grave
Área do espaço (m ²)	148
Área max de cobertura do aspersor (m ²)	12
K do aspersor	115
Área operação (m ²)	260
Densidade de descarga (L/min/m ²)	10
Número aspersores na AO	21
Lado maior do rectângulo (m)	19,0
Caudal no aspersor + desfavorável (L/min)	120
Pressão no aspersor + desfavorável (kPa)	108,8846881
velocidade na tubagem (m/s)	3
Tubagem	Aço galvanizado
Coefficiente Hazen-williams	120
d1(mm)	25
d2(mm)	32
d3 (mm)	40
d4 (mm)	50
d5 (mm)	70
d6 (mm)	80
Esp. Entre aspersores (m)	1,8
Esp. entre ramais (m)	3
Calibre aspersores (mm)	20
Tempo de descarga (min)	90
Esp. Entre aspersores e pontos (m)	0,9
Esp. Mínimo entre aspersores (padrão-ordinário)	1,8
Nº Total de aspersores	21

Armazém 1					
Aspersor/Troço/Ponto	Q (L/min)	P (kPa)	hp (kPa/m)	Calibre aspersores (mm)	Diâmetro tubagem (mm)
S1	120,0	108,9		20	
T1-2	120,0	16,9	9,414		25
S2	129,0	125,8		20	
T2-3	249,0	19,4	10,762		25
S3	138,6	145,2		20	
T3-4	387,6	6,6	3,692		32
S4	141,7	151,8		20	
T4-5	529,3	2,3	1,298		40
S5	142,8	154,2		20	
T5-6	672,1	2,4	1,317		40
S6	143,9	156,6		20	
T6-D	816,0	0,4	0,450		50
S19	120,0	108,9		20	
T19-20	120,0	16,9	9,414		25
S20	129,0	125,8			
T20-21	249,0	19,4	10,762		25
S21	138,6	145,2		20	
T21-A	387,6	3,3	3,692		32
TA-B	387,6	25,1	8,350		40
P.D	816,0	157,0			
TD-C	816,0	33,5	11,166		50
P.C	1631,9	190,5			
TC-X	1631,9	11,7	7,819		70
P.B	1203,5	157,0			
TB-X	1203,5	13,4	4,451		70
PX	2835,5	372,5			
X-PConsA1	2835,5	2,1	2,323		80
PConsA1	2835,5	374,6			
PConsA1-Dep	2835,5	27,3	11,3392699		

Sala da Pré-Press	
Norma:	NFPA 13
Risco:	Grave
Área do espaço (m ²)	282
Área max de cobertura do aspersor (m ²)	12
K do aspersor	115
Área operação (m ²)	260
Densidade de descarga (L/min/m ²)	10
Número aspersores na AO	21
Lado maior do rectângulo (m)	19,0
Caudal no aspersor + desfavorável (L/min)	120
Pressão no aspersor + desfavorável (kPa)	108,8846881
velocidade na tubagem (m/s)	3
Tubagem	Aço galvanizado
Coeficiente Hazen-williams	120
d1(mm)	25
d2(mm)	32
d3 (mm)	40
d4 (mm)	50
d5 (mm)	70
d6 (mm)	80
d7(mm)	100
Esp. Entre aspersores (m)	1,8
Esp. entre ramais (m)	3
Calibre aspersores (mm)	20
Tempo de descarga (min)	90
Esp. Entre aspersores e pontos (m)	0,9
Esp. Mínimo entre aspersores (padrão-ordinário)	1,8
Nº Total de aspersores	47

Sala da Pré-Press

Aspersor/Troço/Ponto	Q (L/min)	P (kPa)	hp (kPa/m)	Calibre aspersores (mm)	Diâmetro tubagem (mm)
S1	120,0	108,9		20,0	
T1-2	120,0	16,9	9,4		25,0
S2	129,0	125,8		20,0	
T2-3	249,0	5,8	3,2		25,0
S3	132,0	131,7		20,0	
T3-4	381,0	2,0	1,1		32,0
S4	133,0	133,7		20,0	
T4-5	513,9	2,1	1,2		40,0
S5	134,0	135,8		20,0	
T5-6	647,9	0,7	0,4		40,0
S6	134,4	136,5		20,0	
T6-H	782,3	0,4	0,4		50,0
P.H	782,3	136,8			
TH-G	782,3	31,0	10,3		50,0
P.G	611,2	167,8			
TG-F	1393,5	3,8	1,3		70,0
P.F	1393,5	171,6			
S22	132,0	131,7		20,0	
T22-23	381,0	2,0	1,1		40,0
S23	133,0	133,7		20,0	
T23-24	513,9	2,1	1,2		40,0
S24	134,0	135,8		20,0	
T24-25	647,9	0,7	0,4		50,0
S25	134,4	136,5		20,0	
T25-E	782,3	0,7	0,4		50,0
P.E	1036,7	137,2			
TF-E	2787,0	175,5	3,0		80,0
TE-X	3823,7	2,6	1,8		80,0
PX	3823,7	178,1			
X-PConsSPP	3823,7	5,98547	6,7		100
PConsSPP	3823,7	184,1			
PConsSPP-Dep	3823,7	64,8	6,65052505		

ANEXO C - Dimensionamento da Coluna Húmida

Piso	Troço	BI's em simultâneo	Caudal instantâneo (m ³ /s)	Caudal de cálculo (m ³ /s)	Velocidade (m/s)	Diâmetro (m)	DN	Diâmetro interno (mm)	Velocidade corrigida (m/s)	Perda de carga (m/m)	L(m)	Leq (m)	ΔH (m.c.a.)
2	1-A	1	0,004	0,004	1	0,071	50	53,1	1,81	0,101541493	38	49	5,01615
2	2-A	1	0,004	0,004	1	0,071	50	53,1	1,81	0,101541493	9,5	12	1,254037
	Coluna	2	0,004	0,008	1	0,101	65	68,9	2,15	0,099106858	7	9,1	0,901872
1	1-E	1	0,004	0,004	1	0,071	50	53,1	1,81	0,101541493	7	9,1	0,924028
1	2-E	1	0,004	0,004	1	0,071	50	53,1	1,81	0,101541493	11,5	15	1,518045
1	3-B	1	0,004	0,004	1	0,071	50	53,1	1,81	0,101541493	14	18	1,848055
1	E-B	2	0,004	0,008	1	0,101	65	68,9	2,15	0,099106858	15,5	20	1,997003
	Coluna	3	0,004	0,012	1	0,124	80	80,9	2,33	0,093982985	7,5	9,8	0,916334
	D-C	3	0,004	0,012	1	0,124	80	80,9	2,33	0,093982985	7	9,1	0,855245
0	1-F	1	0,004	0,004	1	0,071	50	53,1	1,81	0,101541493	27	35	3,564106
0	2-F	1	0,004	0,004	1	0,071	50	53,1	1,81	0,101541493	21	27	2,772083
0	3-F	3	0,004	0,012	1	0,124	80	80,9	2,33	0,093982985	4,5	5,9	0,5498
0	3-D	3	0,004	0,012	1	0,124	80	80,9	2,33	0,093982985	14	18	1,71049
0	4-D	1	0,004	0,004	1	0,071	50	53,1	1,81	0,101541493	20	26	2,640079
	D-CB	4	0,004	0,016	1	0,143	100	105,3	1,84	0,044454194	5	6,5	0,288952

										ΔH TOTAL (m.c.a.)		26,75628
P(A) (kPA)	787,563	Caudal Instantâneo (m ³ /h)		14,4								
h(m)	17	Caudal necessário na rede (m ³ /h)		57,6								
1 mca= 10 kPa												
b	0,00023											

**ANEXO D – Número e localização de detetores ópticos de fumos
no edifício**

Piso	Designação	Área (bruta) (m²)	Pé Direito (m)	Local de risco	Categoria de Risco	Amax (m²)	K	An (m²)	Nº de Detetores
0	Átrio de Entrada	8	2,4	A	1 ^a	80	1	80	1
0	Garagem	224	3,4	C	1 ^a	60	0,6	36	7
0	Área técnica 0	32	3,4	C	1 ^a	80	0,6	48	1
1	Sala da Pré-Press	282	3,0	C	3 ^a	60	0,6	36	8
1	Gabinete de Apoio	37	3,0	A	1 ^a	80	1	80	1
1	Área Técnica 1	12	3,7	C		80	0,6	48	1
2	Átrio / Lobby	21	2,5	A	1 ^a	80	1	80	1
2	Gabinete da Administração	48	2,7	A	1 ^a	80	1	80	1
2	Gabinete Director Recursos Humanos	24	2,7	A	1 ^a	80	1	80	1
2	Gabinete Director Financeiro	30	2,7	A	1 ^a	80	1	80	1
2	Gabinete Director Industrial	21	2,7	A	1 ^a	80	1	80	1
2	Open-Space / Reserva 2	33	2,7	A	1 ^a	80	1	80	1
2	Open-Space / Reserva 3	34	2,7	A	1 ^a	80	1	80	1
2	Sala de Reuniões	39	2,7	A	1 ^a	80	1	80	1
2	Secretariado 1	29	2,7	A	1 ^a	80	1	80	1
2	Secretariado 2	21	2,7	A	1 ^a	80	1	80	1
2	Contabilidade	20	2,7	A	1 ^a	80	1	80	1
2	Sala Cópias / Economato	17	2,7	A	1 ^a	80	1	80	1
2	Copa	17	2,7	C	1 ^a	80	0,6	48	1
2	Closet	4	2,5	A	1 ^a	80	1	80	1
2	Arquivo	9	2,7	C	1 ^a	80	0,6	48	1
2	Área Técnica 2	12	3,7	C	1 ^a	80	0,6	48	1

2	Corredor	61	2,5	C	1^a	80	0,6	48	2
2	Arrumos	18	3,7	A	1^a	80	1	80	1
3	Área Técnica 3	13	2,3	C	1^a	80	0,6	48	1
3	Sala de Máquinas	6	2,3	C	1^a	80	0,6	48	1

ANEXO E - Resultados do *PipeCAD*

➤ Armazém 0, Zona 1.1 – Tubagem 1

Hole number	Hole size mm	Flow litre/min	Flow percentage	Transit time seconds	Hole sensitivity % obs/m
1	3.00	2.39	21.4%	26.9	0.56%
2	3.00	2.36	21.1%	31.2	0.57%
3	3.00	2.33	20.8%	37.1	0.58%
4	4.00	4.11	36.7%	46.2	0.33%

The balance between sampling holes is 76.5%. The balance between sampling pipes is 99.5%.

Flow rate for this pipe is 11.2 litres per minute with the aspirator set to 1.
The total flow rate is 45.0 litres per minute.

Detector sensitivity is set to 0.03% obs/m in the hole calculation options.
The detector type is Stratos-HSSD 1.

There are 3 holes on this pipe run excluding the endcap hole.
There are 0 capillaries on this pipe run.

This pipe run length is 18.00 metres.
The total pipe length is 62.00 metres.

	<p>Results for pipe run 1 of 4 E:\Users\Gonçalo\Documents\My Dropbox\TeseL...\piso 0 A0-Z1.1.pl PipeCAD pipe modeller © 2009 AirSense Technology Ltd</p>
--	--

All hole sizes are in millimetres
All pipe lengths are in metres

➤ Armazém 0, Zona 1.1 – Tubagem 2

Hole number	Hole size mm	Flow litre/min	Flow percentage	Transit time seconds	Hole sensitivity % obs/m
1	3.00	2.42	21.4%	18.3	0.56%
2	3.00	2.38	21.1%	22.5	0.57%
3	3.00	2.36	20.8%	28.3	0.57%
4	4.00	4.16	36.7%	37.4	0.32%

The balance between sampling holes is 76.5%. The balance between sampling pipes is 99.5%.

Flow rate for this pipe is 11.3 litres per minute with the aspirator set to 1.
The total flow rate is 45.0 litres per minute.

Detector sensitivity is set to 0.03% obs/m in the hole calculation options.
The detector type is Stratos-HSSD 1.

There are 3 holes on this pipe run excluding the endcap hole.
There are 0 capillaries on this pipe run.

This pipe run length is 13.00 metres.
The total pipe length is 62.00 metres.

Results for pipe run 2 of 4
E:\Users\Gonçalo\Documents\My Dropbox\TeseL...\piso 0 A0-Z1.1.pl
PipeCAD pipe modeller
© 2009 AirSense Technology Ltd

All hole sizes are in millimetres
All pipe lengths are in metres

➤ Armazém 0, Zona 1.1 – Tubagem 3

Hole number	Hole size mm	Flow litre/min	Flow percentage	Transit time seconds	Hole sensitivity % obs/m
1	3.00	2.42	21.4%	18.3	0.56%
2	3.00	2.38	21.1%	22.5	0.57%
3	3.00	2.36	20.8%	28.3	0.57%
4	4.00	4.16	36.7%	37.4	0.32%

The balance between sampling holes is 76.5%. The balance between sampling pipes is 99.5%.

Flow rate for this pipe is 11.3 litres per minute with the aspirator set to 1.
The total flow rate is 45.0 litres per minute.

Detector sensitivity is set to 0.03% obs/m in the hole calculation options.
The detector type is Stratos-HSSD 1.

There are 3 holes on this pipe run excluding the endcap hole.
There are 0 capillaries on this pipe run.

This pipe run length is 13.00 metres.
The total pipe length is 62.00 metres.

Results for pipe run 3 of 4
E:\Users\Gonçalo\Documents\My Dropbox\TeseL...\piso 0 A0-Z1.1.pl
PipeCAD pipe modeller
© 2009 AirSense Technology Ltd

All hole sizes are in millimetres
All pipe lengths are in metres

➤ Armazém 0, Zona 1.1 – Tubagem 4

Hole number	Hole size mm	Flow litre/min	Flow percentage	Transit time seconds	Hole sensitivity % obs/m
1	3.00	2.39	21.4%	26.9	0.56%
2	3.00	2.36	21.1%	31.2	0.57%
3	3.00	2.33	20.8%	37.1	0.58%
4	4.00	4.11	36.7%	46.2	0.33%

The balance between sampling holes is 76.5%. The balance between sampling pipes is 99.5%.

Flow rate for this pipe is 11.2 litres per minute with the aspirator set to 1.
The total flow rate is 45.0 litres per minute.

Detector sensitivity is set to 0.03% obs/m in the hole calculation options.
The detector type is Stratos-HSSD 1.

There are 3 holes on this pipe run excluding the endcap hole.
There are 0 capillaries on this pipe run.

This pipe run length is 18.00 metres.
The total pipe length is 62.00 metres.

Results for pipe run 4 of 4
E:\Users\Gonçalo\Documents\My Dropbox\TeseL... \piso 0 A0-Z1.1.pl
PipeCAD pipe modeller
© 2009 AirSense Technology Ltd

All hole sizes are in millimetres
All pipe lengths are in metres

➤ Armazém 0, Zona 2.2. – Tubagem 1

Hole number	Hole size mm	Flow litre/min	Flow percentage	Transit time seconds	Hole sensitivity % obs/m
1	3.00	1.73	11.3%	14.8	0.79%
2	3.00	1.67	11.0%	17.6	0.82%
3	3.00	1.63	10.6%	20.8	0.84%
4	3.00	1.58	10.4%	24.4	0.87%
5	3.00	1.55	10.1%	28.8	0.89%
6	3.00	1.52	9.9%	34.1	0.90%
7	3.00	1.50	9.8%	40.8	0.92%
8	3.00	1.48	9.7%	50.0	0.93%
9	4.00	2.62	17.2%	57.2	0.52%

The balance between sampling holes is 87.5%. The balance between sampling pipes is 99.6%.

Flow rate for this pipe is 15.3 litres per minute with the aspirator set to 1.
The total flow rate is 45.7 litres per minute.

Detector sensitivity is set to 0.03% obs/m in the hole calculation options.
The detector type is Stratos-HSSD 1.

There are 8 holes on this pipe run excluding the endcap hole.
There are 0 capillaries on this pipe run.

This pipe run length is 23.00 metres.
The total pipe length is 67.00 metres.

Results for pipe run 1 of 3

E:\Users\Gonçalo\Documents\My Dropbox\TeseL... \piso 0 A0-Z2.2.pl

PipeCAD pipe modeller

© 2009 AirSense Technology Ltd

All hole sizes are in millimetres
All pipe lengths are in metres

➤ Armazém 0, Zona 2.2. – Tubagem 2

Hole number	Hole size mm	Flow litre/min	Flow percentage	Transit time seconds	Hole sensitivity % obs/m
1	3.00	1.87	12.4%	13.7	0.73%
2	3.00	1.82	12.0%	16.5	0.75%
3	3.00	1.77	11.7%	19.8	0.77%
4	3.00	1.73	11.4%	23.7	0.79%
5	3.00	1.70	11.2%	28.4	0.81%
6	3.00	1.68	11.1%	34.5	0.82%
7	3.00	1.66	10.9%	42.7	0.83%
8	4.00	2.92	19.3%	55.6	0.47%

The balance between sampling holes is 86.4%. The balance between sampling pipes is 99.6%.

Flow rate for this pipe is 15.2 litres per minute with the aspirator set to 1.
The total flow rate is 45.7 litres per minute.

Detector sensitivity is set to 0.03% obs/m in the hole calculation options.
The detector type is Stratos-HSSD 1.

There are 7 holes on this pipe run excluding the endcap hole.
There are 0 capillaries on this pipe run.

This pipe run length is 21.00 metres.
The total pipe length is 67.00 metres.

Results for pipe run 2 of 3

E:\Users\Gonçalo\Documents\My Dropbox\TeseL... \piso 0 A0-Z2.2.pl

PipeCAD pipe modeller

© 2009 AirSense Technology Ltd

All hole sizes are in millimetres
All pipe lengths are in metres

➤ Armazém 0, Zona 2.2. – Tubagem 3

Hole number	Hole size mm	Flow litre/min	Flow percentage	Transit time seconds	Hole sensitivity % obs/m
1	3.00	1.73	11.3%	14.8	0.79%
2	3.00	1.67	11.0%	17.6	0.82%
3	3.00	1.63	10.6%	20.8	0.84%
4	3.00	1.58	10.4%	24.4	0.87%
5	3.00	1.55	10.1%	28.8	0.89%
6	3.00	1.52	9.9%	34.1	0.90%
7	3.00	1.50	9.8%	40.8	0.92%
8	3.00	1.48	9.7%	50.0	0.93%
9	4.00	2.62	17.2%	57.2	0.52%

The balance between sampling holes is 87.5%. The balance between sampling pipes is 99.6%.

Flow rate for this pipe is 15.3 litres per minute with the aspirator set to 1.
The total flow rate is 45.7 litres per minute.

Detector sensitivity is set to 0.03% obs/m in the hole calculation options.
The detector type is Stratos-HSSD 1.

There are 8 holes on this pipe run excluding the endcap hole.
There are 0 capillaries on this pipe run.

This pipe run length is 23.00 metres.
The total pipe length is 67.00 metres.

Results for pipe run 3 of 3

E:\Users\Gonçalo\Documents\My Dropbox\TeseL... \piso 0 A0-Z2.2.pl

PipeCAD pipe modeller

© 2009 AirSense Technology Ltd

All hole sizes are in millimetres
All pipe lengths are in metres

➤ Armazém 1, Zona 1.1.-Tubagem 1

Hole number	Hole size mm	Flow litre/min	Flow percentage	Transit time seconds	Hole sensitivity % obs/m
1	3.00	2.41	21.3%	21.7	0.56%
2	3.00	2.37	21.0%	26.0	0.57%
3	3.00	2.34	20.8%	31.8	0.58%
4	4.00	4.15	36.8%	36.3	0.33%

The balance between sampling holes is 76.3%. The balance between sampling pipes is 99.5%.

Flow rate for this pipe is 11.3 litres per minute with the aspirator set to 1.
The total flow rate is 45.2 litres per minute.

Detector sensitivity is set to 0.03% obs/m in the hole calculation options.
The detector type is Stratos-HSSD 1.

There are 3 holes on this pipe run excluding the endcap hole.
There are 0 capillaries on this pipe run.

This pipe run length is 14.00 metres.
The total pipe length is 53.00 metres.

Results for pipe run 1 of 4
E:\Users\Gonçalo\Documents\My Dropbox\TeseL...\piso 1 A1-Z1.1.pl
PipeCAD pipe modeller
© 2009 AirSense Technology Ltd

All hole sizes are in millimetres
All pipe lengths are in metres

➤ Armazém 1, Zona 1.1.-Tubagem 2

Hole number	Hole size mm	Flow litre/min	Flow percentage	Transit time seconds	Hole sensitivity % obs/m
1	3.00	2.43	21.3%	13.2	0.56%
2	3.00	2.40	21.0%	17.4	0.57%
3	3.00	2.37	20.8%	23.2	0.57%
4	4.00	4.20	36.8%	27.7	0.32%

The balance between sampling holes is 76.3%. The balance between sampling pipes is 99.5%.

Flow rate for this pipe is 11.4 litres per minute with the aspirator set to 1.
The total flow rate is 45.2 litres per minute.

Detector sensitivity is set to 0.03% obs/m in the hole calculation options.
The detector type is Stratos-HSSD 1.

There are 3 holes on this pipe run excluding the endcap hole.
There are 0 capillaries on this pipe run.

This pipe run length is 9.00 metres.
The total pipe length is 53.00 metres.

Results for pipe run 2 of 4
E:\Users\Gonçalo\Documents\My Dropbox\Tese\...\piso 1 A1-Z1.1.pl
PipeCAD pipe modeller
© 2009 AirSense Technology Ltd

All hole sizes are in millimetres
All pipe lengths are in metres

➤ Armazém 1, Zona 1.1.-Tubagem 3

Hole number	Hole size mm	Flow litre/min	Flow percentage	Transit time seconds	Hole sensitivity % obs/m
1	3.00	2.41	21.3%	20.0	0.56%
2	3.00	2.38	21.0%	24.3	0.57%
3	3.00	2.35	20.8%	30.0	0.58%
4	4.00	4.16	36.8%	34.6	0.33%

The balance between sampling holes is 76.3%. The balance between sampling pipes is 99.5%.

Flow rate for this pipe is 11.3 litres per minute with the aspirator set to 1.
The total flow rate is 45.2 litres per minute.

Detector sensitivity is set to 0.03% obs/m in the hole calculation options.
The detector type is Stratos-HSSD 1.

There are 3 holes on this pipe run excluding the endcap hole.
There are 0 capillaries on this pipe run.

This pipe run length is 13.00 metres.
The total pipe length is 53.00 metres.

Results for pipe run 3 of 4
E:\Users\Gonçalo\Documents\My Dropbox\Tese\...\piso 1 A1-Z1.1.pl
PipeCAD pipe modeller
© 2009 AirSense Technology Ltd

All hole sizes are in millimetres
All pipe lengths are in metres

➤ Armazém 1, Zona 1.1.-Tubagem 4

Hole number	Hole size mm	Flow litre/min	Flow percentage	Transit time seconds	Hole sensitivity % obs/m
1	3.00	2.39	21.3%	26.9	0.57%
2	3.00	2.36	21.0%	31.2	0.58%
3	3.00	2.33	20.8%	37.0	0.58%
4	4.00	4.13	36.8%	41.6	0.33%

The balance between sampling holes is 76.3%. The balance between sampling pipes is 99.5%.

Flow rate for this pipe is 11.2 litres per minute with the aspirator set to 1.
The total flow rate is 45.2 litres per minute.

Detector sensitivity is set to 0.03% obs/m in the hole calculation options.
The detector type is Stratos-HSSD 1.

There are 3 holes on this pipe run excluding the endcap hole.
There are 0 capillaries on this pipe run.

This pipe run length is 17.00 metres.
The total pipe length is 53.00 metres.

Results for pipe run 4 of 4
E:\Users\Gonçalo\Documents\My Dropbox\Tese\...\piso 1 A1-Z1.1.pl
PipeCAD pipe modeller
© 2009 AirSense Technology Ltd

All hole sizes are in millimetres
All pipe lengths are in metres

➤ Armazém 1, Zona 1.2.-Tubagem 1

Hole number	Hole size mm	Flow litre/min	Flow percentage	Transit time seconds	Hole sensitivity % obs/m
1	3.00	3.80	21.3%	11.7	0.28%
2	3.00	3.74	21.0%	14.3	0.29%
3	3.00	3.70	20.8%	18.0	0.29%
4	4.00	6.55	36.8%	20.9	0.16%

The balance between sampling holes is 76.3%. The balance between sampling pipes is 100.0%.

Flow rate for this pipe is 17.8 litres per minute with the aspirator set to 1.
The total flow rate is 35.6 litres per minute.

Detector sensitivity is set to 0.03% obs/m in the hole calculation options.
The detector type is Stratos-HSSD 1.

There are 3 holes on this pipe run excluding the endcap hole.
There are 0 capillaries on this pipe run.

This pipe run length is 12.00 metres.
The total pipe length is 24.00 metres.

Results for pipe run 1 of 2
E:\Users\Gonçalo\Documents\My Dropbox\Tese\...\piso 1 A1-Z1.2.pl
PipeCAD pipe modeller
© 2009 AirSense Technology Ltd

All hole sizes are in millimetres
All pipe lengths are in metres

➤ Armazém 1, Zona 1.2.-Tubagem 2

Hole number	Hole size mm	Flow litre/min	Flow percentage	Transit time seconds	Hole sensitivity % obs/m
1	3.00	3.80	21.3%	11.7	0.28%
2	3.00	3.74	21.0%	14.3	0.29%
3	3.00	3.70	20.8%	18.0	0.29%
4	4.00	6.55	36.8%	20.9	0.16%

The balance between sampling holes is 76.3%. The balance between sampling pipes is 100.0%.

Flow rate for this pipe is 17.8 litres per minute with the aspirator set to 1.
The total flow rate is 35.6 litres per minute.

Detector sensitivity is set to 0.03% obs/m in the hole calculation options.
The detector type is Stratos-HSSD 1.

There are 3 holes on this pipe run excluding the endcap hole.
There are 0 capillaries on this pipe run.

This pipe run length is 12.00 metres.
The total pipe length is 24.00 metres.

Results for pipe run 2 of 2

E:\Users\Gonçalo\Documents\My Dropbox\Tese\...\piso 1 A1-Z1.2.pl

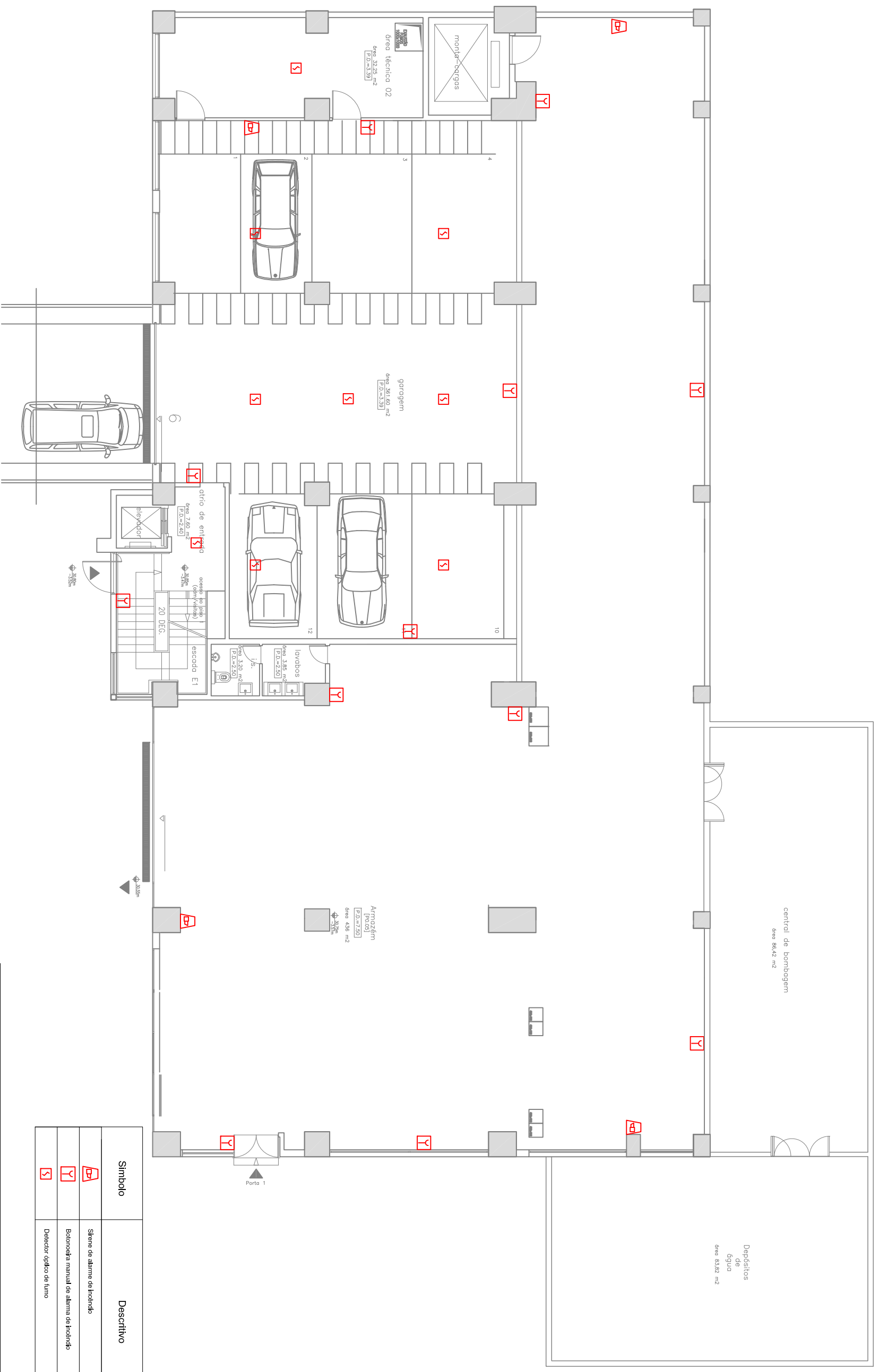
PipeCAD pipe modeller

© 2009 AirSense Technology Ltd

All hole sizes are in millimetres

All pipe lengths are in metres

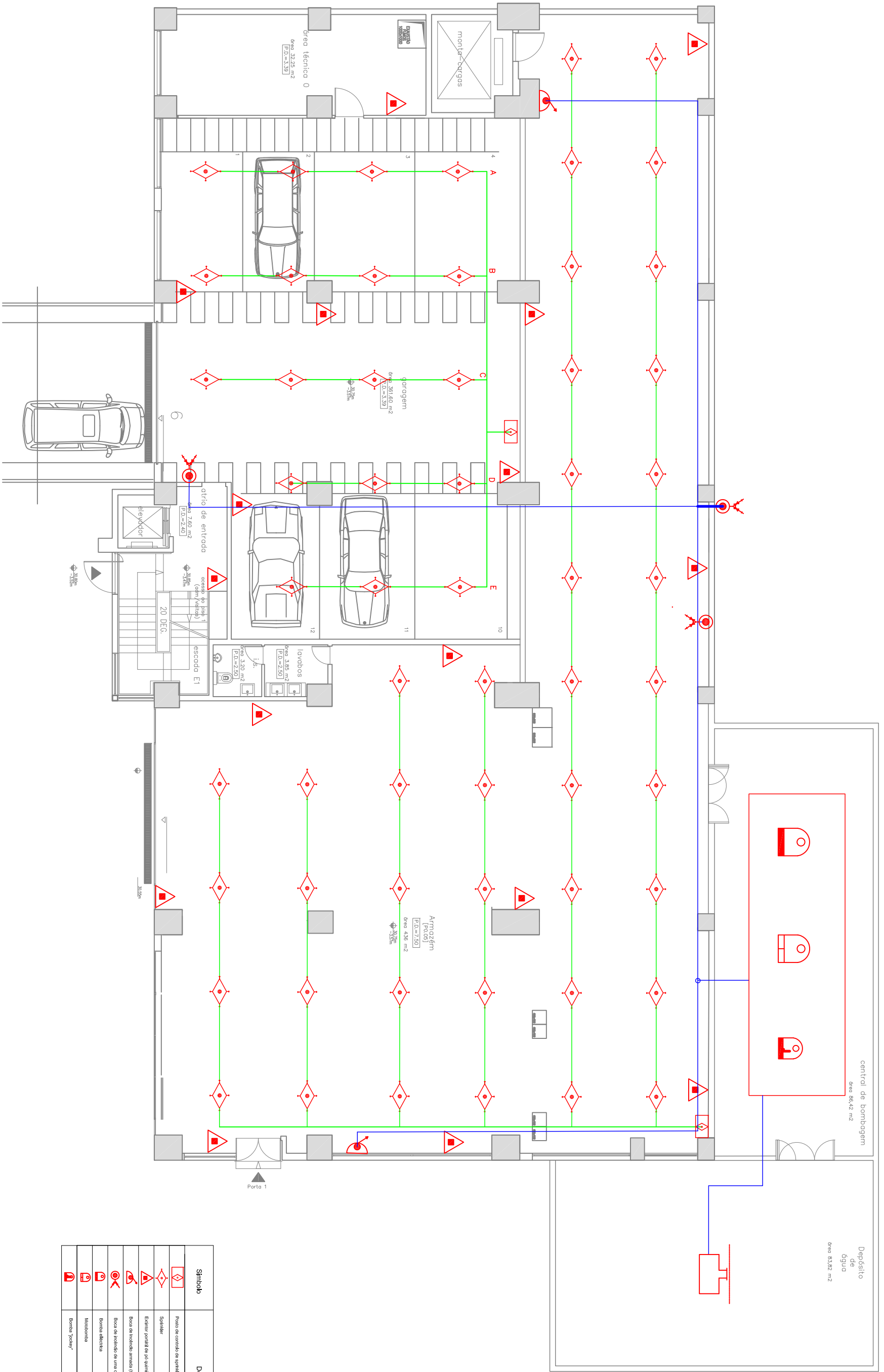
ANEXO F – Plantas do Edifício



PLANTA PISO 0
Esc: 1/100

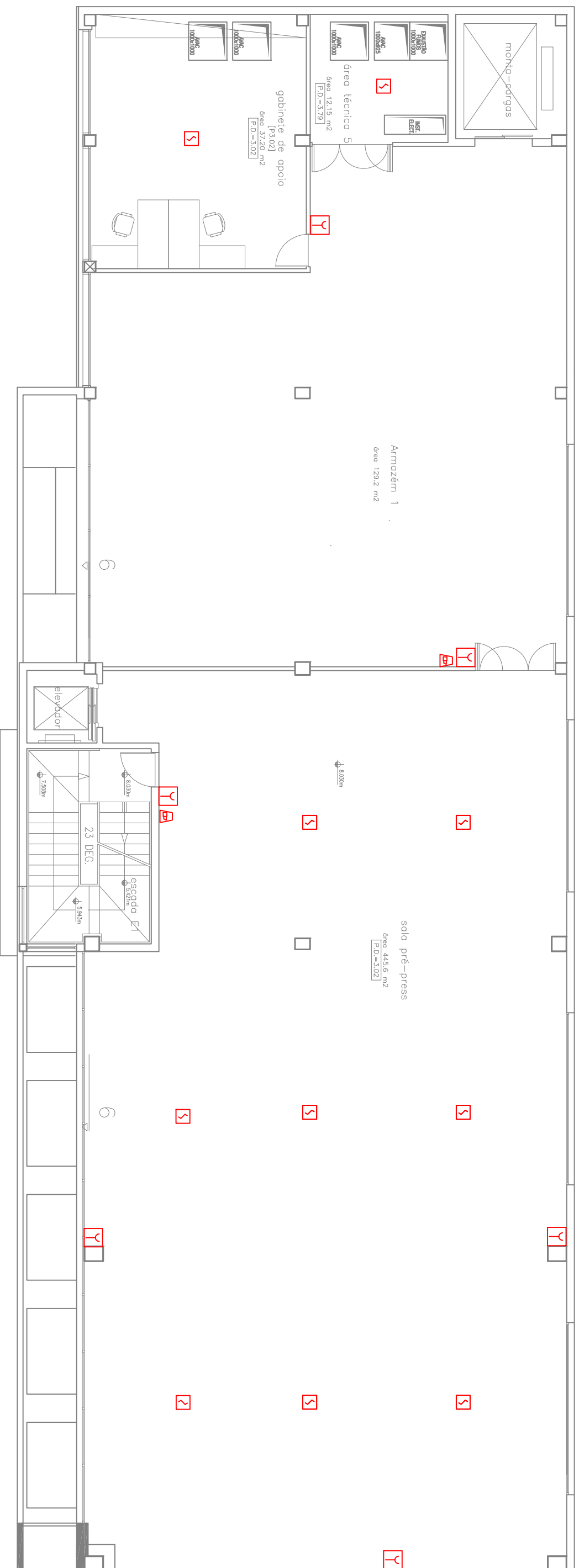
Símbolo	Descritivo
	Sirene de alarma de incendio
	Botãoeira manual de alarma de incendio
	Detector óptico de fumo

PROJECTO DE S.C.I.E. - GRÁFICA		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECANICA	
Zona da Granja - Sintra			
Planta do Piso 0 – Sistemas de Detecção de Incêndios			
Substituído Por:	N.º Process. Int.	Projectista	
CodFile: --	Data: Junho/2013	Gonçalo Teixeira	
	Esc: 1/100	Des. n.º	0.0



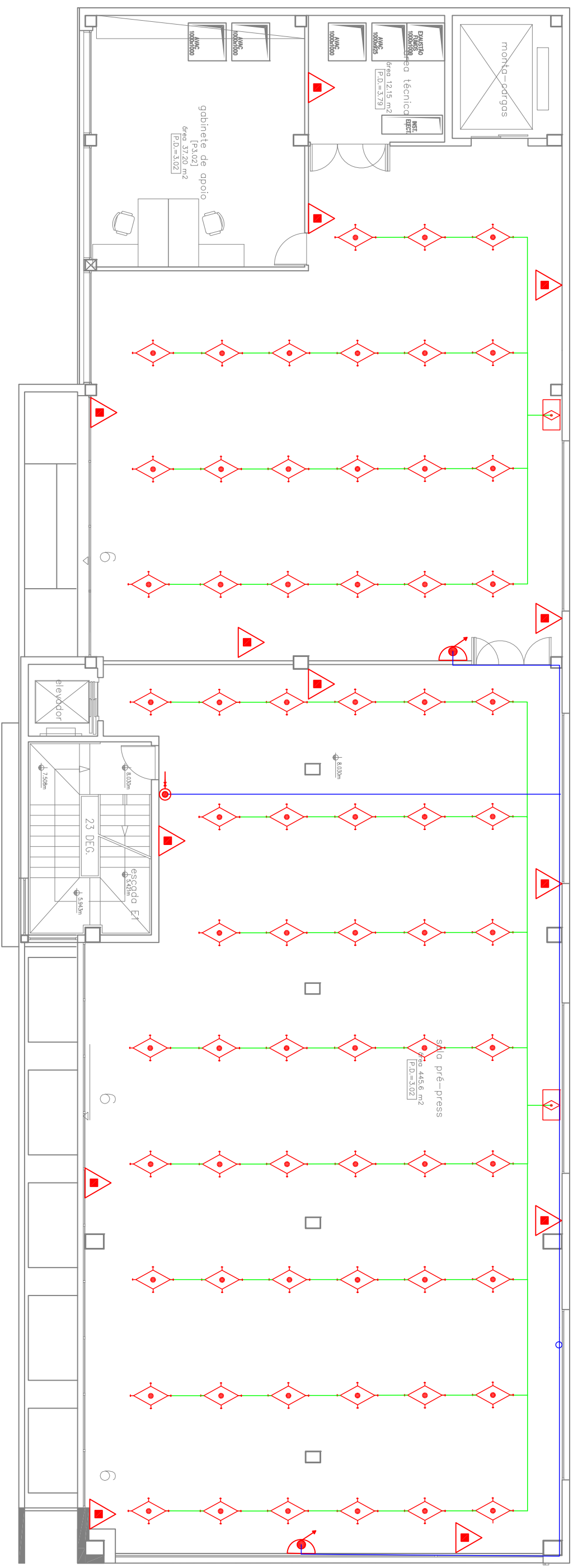
Simbolo	Descritivo
	Ponto de colocação de sprinklers
	Sinalizador
	Extintor portátil de pó químico ABC
	Bomba de hidrante armada (tipo canelão)
	Bomba de hidrante de uma coluna fixada
	Bomba elétrica
	Mobilizante
	Bomba "golada"

PROJECTO DE S.C.I.E. - GRÁFICA		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECANICA	
Zona da Granja - Sintra		Projectista	
Planta do Piso 0 - Sistemas de Extinção de Incêndios		Conceção Teixeira	
Substituído:	Substituído Por:	N.º Process. Int.º	36/05
CodFile: --	Data: Junho/2013	Escala: 1/100	Des. n.º 0.1



Simbolo	Descritivo
	Sirena de alarma de incendio
	Botoeiras manual de alarma de incendio
	Detector optico de fumo

PROJECTO DE S.C.I.E. - GRÁFICA		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÁNICA	
Zona da Granja - Sintra			
Planta do Piso 1 - Sistemas de Detecção de Incêndios			
Substitui:	Substituído Por:	N.º Process. Int.	Projectista
		36/05	Conceição Teixeira
CadFrie: --	Data: Junho/2013	Esc: 1/100	Des. n.º 1.0



Símbolo	Descritivo
	Ponto de controlo de sprinklers
	Sprinkler
	Existor portátil de 90 segundos ABC
	Boca de incêndio armada (tipo corrente)
	Boca de incêndio de uma coluna fixada

PROJECTO DE S.C.I.E. - GRÁFICA		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA	
Zona da Granja - Sintra			
Planta do Piso 1 - Sistemas de Extinção de Incêndios			
Substituído Por:	N.º Process. Int.	Projectista	
36/05	36/05	Conceição Teixeira	
Codifier: --	Data: Junho/2013	Esc: 1/100	Des. n.º 1.1

