



**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**Departamento de Engenharia Mecânica**

# **DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE CONTROLO DE FUMO PASSIVOS**

**TIAGO PINTO RIBEIRO**  
**(LICENCIADO, MESTRE)**

**TRABALHO FINAL DE MESTRADO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM  
ENGENHARIA MECÂNICA**

**ORIENTADORES:**

**MESTRE NUNO PAULO FERREIRA HENRIQUES**  
**DOUTOR NUNO RICARDO DA PIEDADE ANTUNES SERRA**

**JÚRI:**

**PRESIDENTE:**

**DOUTORA MARIA TERESA MOURA E SILVA**

**VOGAIS:**

**DOUTOR NELSON PEREIRA CAETANO MARQUES**  
**DOUTOR NUNO RICARDO DA PIEDADE ANTUNES SERRA**

**DEZEMBRO DE 2018**

# ÍNDICE

<b>Resumo</b> .....	<b>1</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>3</b>
<b>1. Enquadramento</b> .....	<b>5</b>
1.1. <i>Contexto</i> .....	5
1.2. <i>Objectivos</i> .....	5
1.3. <i>Organização do Documento</i> .....	5
<b>2. Incêndio em Edifícios</b> .....	<b>7</b>
2.1. <i>Introdução ao Fenómeno</i> .....	7
2.2. <i>Relevância do Controlo de Fumo</i> .....	10
2.3. <i>Os Diferentes Sistemas de Controlo de Fumo</i> .....	11
2.4. <i>Os Sistemas de Controlo de Fumo Passivos e seu Dimensionamento</i> .....	13
2.5. <i>Disposições Regulamentares Portuguesas</i> .....	17
2.6. <i>Outros Regulamentos e Boas Práticas</i> .....	20
<b>3. Análise do Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndios em Edifícios</b> .....	<b>25</b>
3.1. <i>Dimensionamento de Sistemas de Controlo de Fumo Passivos conforme o RT-SCIE</i>	25
3.2. <i>Observações</i> .....	29
3.2.1. <i>Perspectiva das Entidades Projectistas de SCIE</i> .....	30
3.2.2. <i>Perspectiva das Entidades que Combatem os Incêndios</i> .....	33
3.2.3. <i>Perspectiva das Autoridades</i> .....	37
3.2.4. <i>Conclusões</i> .....	38
<b>4. Proposta de Alteração ao Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndios em Edifícios e sua Validação</b> .....	<b>41</b>
4.1. <i>Alterações às Regras Prescritivas Actuais</i> .....	42
4.2. <i>Um Regulamento Dual com Abordagens Prescritiva e com Requisitos de Desempenho</i>	56
4.3. <i>Validação de Projectos e Vistoria das Construções</i> .....	68
4.4. <i>A Revisão do RT-SCIE como uma Oportunidade para Acompanhar as Inovações na Construção</i> .....	70

<b>5. Aplicação a um Caso Prático .....</b>	<b>73</b>
5.1. <i>Descrição do Caso de Estudo .....</i>	73
5.2. <i>Sistema de Controlo de Fumo Passivo Dimensionado .....</i>	77
5.3. <i>Verificação do Cumprimento das Condições Regulamentares Actuais e Propostas ...</i>	80
5.3.1. <i>Condições Aplicáveis do Articulado Actual do RT-SCIE .....</i>	80
5.3.2. <i>Condições Regulamentares Propostas .....</i>	81
5.3.3. <i>Comparação Económica .....</i>	82
<b>6. Conclusões .....</b>	<b>85</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de funcionamento de um sistema passivo de controlo de fumo [Harrison, 2004].....	12
Figura 2 – Efeito de chaminé [SFPE, 2016].....	14
Figura 3 – Efeito de chaminé invertida [SFPE, 2016].....	14
Figura 4 – Barreiras de cantonamento [INRS, 2009] .....	16
Figura 5 – Exutor numa escada e seu dispositivo de accionamento automático [SIH, 2007]....	16
Figura 6 – Resultados das respostas de Projectistas e Bombeiros ao inquérito interpretados num contexto de necessidade de introduzir alterações.....	35
Figura 7 – Exemplos de situações em que a propagação do incêndio ou da enfumagem é exterior e potencialmente auxiliada pelo vento [Gomes, 2005] .....	68
Figura 8 – Vista tridimensional do edifício (produzida com uma ferramenta BIM com base nos desenhos de Arquitectura disponibilizados) .....	74
Figura 9 – Plantas dos quatro pisos do projecto de Arquitectura disponibilizado .....	75
Figura 10 – Cortes do projecto de Arquitectura disponibilizado .....	77

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Aspectos fundamentais do RT-SCIE para o dimensionamento de sistemas passivos de CF.....	26
Tabela 2 – Respostas dos Projectistas de SCIE .....	30
Tabela 3 – Respostas dos Corpos de Bombeiros .....	34
Tabela 4 – Agrupamentos de UT propostos para a aplicação da formulação conducente à determinação da área das aberturas de evacuação de fumo.....	51
Tabela 5 – Agrupamentos de Utilizações-Tipo propostos e sua comparação com as Classes da IT 246.....	52
Tabela 6 – Verificação do cumprimento das condições regulamentares actuais .....	80

Tabela 7 – Verificação do cumprimento das condições regulamentares propostas ..... 81

## Resumo

O actual contexto regulamentar português para o dimensionamento de Sistemas de Combate a Incêndio em Edifícios (SCIE) é formado por um conjunto amplo de normas, dos quais se destaca um Decreto-Lei (o Regime Jurídico RJ-SCIE de 2008) e uma Portaria (o Regulamento Técnico RT-SCIE, também de 2008).

No que se refere aos sistemas de Controlo de Fumo (CF), nomeadamente os passivos, estes regulamentos têm sido objecto de críticas, consubstanciadas pela cada vez maior diferença para as principais normas internacionais, algumas delas recentemente actualizadas. Salienta-se a ausência da especificação dos objectivos que os sistemas devem lograr, independentemente das abordagens de dimensionamento usadas.

É neste contexto que se empreendeu uma ampla pesquisa bibliográfica, incidindo sobre normativas, mas também sobre as publicações e recomendações internacionais recentes. Subsequentemente foi feita uma ampla consulta à comunidade técnica, nomeadamente aos intervenientes mais relevantes no panorama nacional do projecto, combate e regulação de sistemas de SCIE que incluiu Projectistas, Bombeiros e a Autoridade Nacional de Protecção Civil.

Com as perspectivas obtidas, adicionadas à análise documental crítica, foi possível elaborar um conjunto de sugestões de alteração aos regulamentos vigentes. Estas incluíram estipular objectivos e critérios para o dimensionamento dos sistemas de CF, dotar o RT-SCIE, na sua vertente prescritiva, de um método de cálculo para o dimensionamento das aberturas de evacuação de fumo, instituir um regulamento dual que permita o recurso a uma abordagem de cálculo por requisitos de desempenho e uma revisão dos procedimentos de validação de projectos.

Para ilustrar a actual regulamentação, bem como a que resultaria da hipotética adopção das sugestões emitidas, fez-se a aplicação dos referidos sobre um caso de estudo referente a uma construção real.

Palavras-Chave: Controlo de Fumo, Desenfumagem, Sistemas Passivos, SCIE



## Abstract

Among the vast group of laws and technical rules that govern the design of Fire Safety Systems in Buildings in Portugal, one can highlight the legal framework (RJ-SCIE) and the technical standard (RT-SCIE).

In what smoke control is concerned, namely passive systems for such endeavour, those documents have been subjected to widespread criticism. Furthermore it has been increasingly evident the difference between such standards and its international counterparts, many of those recently updated.

Considering this, an extensive literature critical review has been performed. Furthermore, an inquiry on this subject has been made to the Portuguese technical community, including Designers, Firefighters and Governing Authorities.

Using all the gathered information and perspectives, added to the conclusions drawn with an extensive analysis of all significant documents, a set of changes to the standards were deducted. Those include stating objectives and criteria for the design of smoke control passive systems, irrespectively of the calculation approach, providing one numerical calculation method for the smoke evacuation area, within the prescriptive approach, installing a dual standard, allowing a performance-based approach along with the prescriptive one and reviewing the design and construction validation procedures.

In order to illustrate current and proposed standards application, one case study was used.

**Keywords:** Smoke Control, Passive Systems, Fire Safety Systems in Buildings



## 1. Enquadramento

### 1.1. Contexto

O contexto em que se desenvolve o presente estudo foi formulado por um requisito da comunidade técnica. As dificuldades de índole prática na aplicação do disposto regulamentar do projecto de Segurança contra Incêndios em Edifícios, bem como na arduidade de enquadrar métodos de cálculo mais avançados no projecto, justificaram a solicitação de um estudo comparativo entre as normas portuguesas vigentes e as suas congéneres internacionais, para sustentação da propositura de alterações ao quadro regulamentar actual.

Importa, pois, referir que a natureza do trabalho desenvolvido cumpriu o previsto na proposta do tema, tendo-o excedido, nomeadamente na aplicação a um caso de estudo e na realização da auscultação à comunidade técnica.

### 1.2. Objectivos

Os objectivos do presente trabalho podem ser resumidos nas seguintes tarefas:

- Analisar o RT-SCIE (Regulamento Técnico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios), identificando e compreendendo as insuficiências no articulado regulamentar relativas ao dimensionamento de sistemas passivos para o controlo do fumo;
- Formular uma hipótese conducente à resolução do problema identificado;
- Propor alterações à redacção da norma vigente;
- Validar a hipótese com recurso a sustentação bibliográfica.

### 1.3. Organização do Documento

O presente documento verte os estudos realizados sobre o tema enunciado em título de um modo necessariamente sucinto. Para o efeito divide-se em sete capítulos após o resumo, bilingue, e antes da listagem das referências bibliográficas relevantes e anexos considerados pertinentes.

O presente capítulo destina-se à transmissão das informações imprescindíveis sobre o trabalho.

Num segundo capítulo reduz-se a temática dos incêndios em edifícios, do controlo de fumo e do enquadramento regulamentar subjacente a uma descrição sucinta.

O terceiro capítulo finaliza a exposição da pesquisa bibliográfica e traduz os resultados dos inquéritos feitos à comunidade técnica, bem como da análise ulterior. Apresenta, ainda, as conclusões extraídas sobre a problemática do dimensionamento dos sistemas passivos de controlo de fumo.

No quarto capítulo é apresentada uma proposta de alteração regulamentar, demonstrando-se a sua originalidade, sublinhando-se os conhecimentos empregues na sua concepção e validando-se o seu conteúdo com recurso à sustentação em normas internacionais e publicações de ampla aceitação.

Segue-se um capítulo que expõe a aplicação da abordagem proposta a um caso de estudo real, obtido no seio da comunidade técnica.

Por fim, o sexto capítulo resume os aspectos fundamentais do trabalho e apresenta, sob a forma de conclusões, as ilações retiradas.

## 2. Incêndio em Edifícios

### 2.1. Introdução ao Fenómeno

Excluindo-se, do âmbito do presente documento, uma abordagem fenomenológica à temática do fogo e do incêndio, melhor vertida na extensa bibliografia disponível ([Purkis, 1996], [Drysdale, 1999], [Guerra et al, 2004] e [Jones, 2010] por exemplo), importa esclarecer os principais conceitos subjacentes às elaborações seguintes.

Uma distinção significativa é aquela que separa o fenómeno do fogo da situação de incêndio. Se no primeiro se trata no fenómeno físico-químico de “*produção simultânea de calor, luz, fumo e gases resultantes da combustão de substâncias inflamáveis*”, ou seja, um fenómeno de decomposição [Vilar, 2010], um incêndio é caracterizado pela progressão espacial e temporal descontrolada do fogo, causando perdas materiais ou humanas substantivas.

Os factores necessários à ocorrência do fogo são a existência de combustível, comburente (distinguem-se pelo primeiro ser uma substância contentora de energia potencial e o segundo a substância que se associa quimicamente ao combustível, permitindo que o primeiro entre em combustão e esgotando-se no processo, normalmente o oxigénio), energia de activação e reacção em cadeia. Esta última ocorre quando a energia térmica irradiada pela chama activa o combustível [Fitzgerald, 1997], [Drysdale, 1999], [Coelho, 2002]. Deste fenómeno decorre a vaporização do combustível – uma condição necessária mas não suficiente à combustão.

Ao se combinarem os vapores libertados com o oxigénio, entram novamente em combustão, libertando novamente energia térmica para vaporizar o combustível e formando assim um fenómeno permanente. A extinção do fogo é alcançada pela supressão de um ou vários dos aludidos factores [Drysdale, 1999], [Neto, 1995]. É comum a utilização do conceito de triângulo do fogo [Rebelo, 2010]. Trata-se da sistematização gráfica dos três factores cuja presença é indispensável à eclosão do fogo (combustível, comburente e energia de activação). A adição da reacção em cadeia decorre na criação de um polígono de quatro faces, o designado tetraedro do fogo [Fernandes, 2008], [Drysdale, 1999], [ASHRAE, 2012].

O fenómeno do fogo pode ser dividido em quatro principais fases. São elas a eclosão ou ignição, que traduz o momento em que desponta a combustão; a propagação que, após a intensificação da combustão e estabelecimento da reacção em cadeia caracteriza o

alcance das chamas aos materiais combustíveis mais próximos, ou a radiação sobre eles, num processo de elevação gradual da temperatura até à auto-inflamação dos combustíveis, denominada Inflamação Generalizada ou Flashover; a combustão contínua que caracteriza o intervalo de tempo, após a explosão, em que o comburente se mantém disponível, e a temperatura se mantém praticamente máxima e constante, até ao esgotamento dos materiais combustíveis (ou do comburente, nomeadamente em incêndios em espaço confinado); e, por fim, a fase do declínio caracterizado pelo esgotamento do combustível e consequente falência da reacção em cadeia [Drysdales, 1999], [LNEC, 2002], [SFPE, 2016].

São causas frequentes dos incêndios a ignição decorrente de fontes de origem térmica (fósforos, cigarros, fornos, processo de soldadura, viaturas com motores de combustão interna), de origem eléctrica (interruptores, disjuntores, aparelhos eléctricos defeituosos, electricidade estática), de origem mecânica (fricção mecânica), de origem química (reacção exotérmica ou reacção de substâncias auto-oxidantes) [Fernandes, 2008].

A transmissão do fogo entre compartimentos ou edifícios, numa lógica de incêndio, é lograda pela transmissão de calor sobre matérias combustíveis, na presença de comburente, por processos de radiação entre superfícies ou meios participativos, por convecção (através do transporte dos produtos de combustão) ou de condução (entre corpos em contacto). No contexto cingido ao espaço dos edifícios, os incêndios exibem particularidades que os diferenciam, por exemplo, dos incêndios que se desenvolvem ao ar livre. A mais significativa decorre das limitações impostas pelas fronteiras do compartimento à dissipação do calor libertado na combustão.

Iniciado um incêndio num compartimento, o calor gerado é transmitido à envolvente do compartimento, nela promovendo o aumento de temperatura. O calor não dissipado para o exterior através das aberturas conduz a um rápido aumento da temperatura no interior do compartimento, beneficiando a propagação do incêndio nesse espaço [Purkis, 1996], [Quintiere, 2006].

No momento inicial descrito, o processo mais relevante para a dissipação do calor libertado é a convecção. O diferencial de pressão decorrente da elevação da temperatura e, eventualmente, coadjuvado pelo vento, pode projectar escoamentos de fumo até locais distantes da origem do incêndio [Merone, 2011], [Zhang et al, 2014a]. Deste fenómeno decorre a invasão de fumo em locais que importa preservar livres do mesmo, nomeadamente as circulações horizontais e verticais. Não apenas se compromete a capacidade de evacuação dos espaços como através destas circulações o fumo pode

alcançar outros compartimentos, ganhando capacidade para se transmitir, no limite, a todo o edifício [Quintiere, 2006], [Klote, Fothergill, 1983], [Heselden, Baldwin, 1974], [Chen et al, 2009].

O fumo pode ser descrito como a mistura de gases e aerossóis libertados pelos materiais em combustão e ar quente deslocado na circunstância da ocorrência de um fogo [Mowrer et al, 2004], [Fernandes, 2008]. O diferencial de temperatura que as partículas constituintes desses gases experimentam resulta no estabelecimento de um movimento ascensional [Senveli et al, 2015], [Zhang et al, 2014]. No contexto de compartimentos fechados, como é o caso em edifícios, o fumo atinge o tecto ou a cobertura do espaço, acumulando-se numa espessura cada vez maior, caso a superfície tenha inclinação despicienda e a capacidade de o descarregar para o exterior seja limitada [Klote, Milke, 1992], [Williams et al, 1999], [Ramos, 2003].

Em incêndios urbanos, o fumo constitui o principal risco para a preservação da vida dos ocupantes, sendo responsável por mais de 60% dos sinistros. A este respeito, importa observar que, em compartimentos correntes e sem sistemas de desenfumagem, um intervalo de tempo de 3 minutos é, geralmente, suficiente para alcançar uma densidade de fumo capaz de inviabilizar a fuga dos ocupantes e a intervenção eficaz por parte dos bombeiros [Ramos, 2003], [Almeida, 2008], [Chu, Sun, 2008]. Tal perigosidade decorre da toxicidade do fumo, do risco de envenenamento, da opacidade do fumo, dos danos materiais que este pode alcançar e da sua capacidade de propagar o fogo [Vasconcelos, 2008], [Rodrigues, 2011].

A toxicidade caracteriza-se pela asfixia por via da privação de oxigénio. Neste particular, os seres humanos são capazes de tolerar distintas concentrações de diferentes substâncias (HCN, CO<sub>2</sub>, HCl e O<sub>2</sub>, por exemplo) durante díspares intervalos de tempo [Craighead, 2009]. Por outro lado, o risco de envenenamento é devido, sobretudo, à presença de monóxido de carbono (CO). A opacidade do fumo resulta na subtracção da capacidade de evacuação dos compartimentos (já que as condições de visibilidade, imprescindíveis à evacuação, são significativamente diminuídas quando os compartimentos são ocupados pela concentração de partículas do fumo), cingindo os ocupantes a espaços físicos em que, pela acção do fogo ou do fumo, não poderão sobreviver prolongadamente. Os danos materiais decorrem, grandemente, da temperatura elevada que o fumo pode atingir. Assim, diversos elementos não-estruturais e frequentemente não-constructivos (e que portanto não obedecem necessariamente a normas aplicáveis aos produtos da construção) podem ser danificados, atingindo os

ocupantes em fuga. Por fim, é pertinente considerar a capacidade de propagação do fogo que o fumo detém, dada a sua mobilidade, elevada temperatura e mistura de combustíveis e comburentes, que poderão resultar em novos focos de incêndio.

A protecção passiva contra incêndio, abreviadamente designada PPCI [ANPC, 2012], [Cepreven, 1991], [Fernandes, 2009] define-se como o conjunto de medidas que, sem desenvolver uma acção directa sobre o incêndio, cumprem determinados objectivos, hierarquizados como principais e secundários. Entre os primeiros estão a necessidade de circunscrever o incêndio, evitar o colapso estrutural do edifício, mitigar o aparecimento de fumos e possibilitar a evacuação segura de pessoas. São objectivos secundários possibilitar a evacuação segura de bens, garantir a preservação do património arquitectónico e possibilitar a rápida e segura intervenção dos bombeiros.

A protecção passiva contra incêndio alicerça-se sobre cinco grandes vertentes que são a reacção ao fogo, a resistência ao fogo, a compartimentação corta-fogo, a desenfumagem passiva (natural) e o controlo de fumo [ANPC, 2012], [Castro, Abrantes, 2009], [Fernandes, 2009].

Definem-se [ASHRAE, 2012], [Williams et al, 1999], [Li, Chow, 2012] como métodos de desenfumagem os meios que promovam a libertação para o exterior do fumo e dos gases tóxicos ou corrosivos, reduzindo a contaminação e a temperatura dos espaços e mantendo condições de visibilidade, nomeadamente nas vias de evacuação.

## 2.2. Relevância do Controlo de Fumo

A pertinência de controlar o fumo cinge-se às fases de eclosão e, sobretudo, propagação. Atingida a fase de Flashover, o ambiente deixa de ser consistente com a possibilidade de ocupação humana, em virtude da combustão generalizada e das elevadas temperaturas atingidas.

Neste cenário, os efeitos da desenfumagem serão despiciendos na óptica da utilização do espaço [Lie, McGuire, 1973], [Morgan et al, 1999]. Com efeito, será nas fases iniciais do incêndio que o controlo de fumo permitirá assegurar as condições para a evacuação dos ocupantes e para a intervenção dos bombeiros, prevenindo queimaduras internas por inalação de gases quentes e asfixia, bem como a falta de visibilidade decorrente da opacidade do fumo [SIH, 2007], [ASHRAE, 2012]. Uma eficiente desenfumagem permitirá, ainda, limitar a progressão do fogo e os danos materiais infligidos durante alguns minutos.

Consequentemente, pode resumir-se os objectivos do controlo de fumo na preservação da funcionalidade das vias de evacuação, na salvaguarda dos bens e na redução da propagação do fogo [Morgan et al, 1999], [Williams et al, 1999].

Atendendo aos supramencionados, torna-se evidente a necessidade de adoptar configurações eficientes para a desenfumagem, afastando o fumo das vias de circulação, de zonas da construção de maior valor material e evitar expeli-lo para construções contíguas que, dessa forma, possam ser incendiadas. Tal só é possível lograr articulando o dimensionamento dos sistemas de controlo de fumo, activos ou passivos, com uma disposição arquitectónica conveniente [NFPA, 1991], [Harrison, 2004].

Devido à sua baixa densidade, o fumo circulará nas zonas mais altas dos espaços. Consequentemente, as circulações mais eficientes na preservação das vidas humanas situam-se ao nível do piso, onde as temperaturas são mais baixas, o ar é menos tóxico, observando-se uma maior riqueza em oxigénio.

### 2.3. Os Diferentes Sistemas de Controlo de Fumo

Distinguem-se dois métodos de controlo de fumo em edifícios, o varrimento e a hierarquia de pressões. O primeiro destes pode ser natural ou forçado, ou seja, pode recorrer a sistemas de controlo de fumo passivos ou activos. Na prática, observa-se, ainda, um conjunto de aplicações mistas dos sistemas activo e passivo. Também os dois métodos aludidos podem ser usados separadamente ou em complementaridade.

O método de varrimento caracteriza-se pela admissão de ar fresco num ponto baixo de um compartimento afectado pelo incêndio e respectiva extracção do fumo para o exterior do compartimento através de uma corrente de ar gerada entre os pontos de entrada e os de saída, na zona alta dos compartimentos, criando fenómenos de transporte propícios ao arrastamento do fumo [Williams et al, 1999], [Li, Chow, 2012].

Independentemente do tipo de sistema dimensionado – passivo ou activo – há princípios que importa cumprir. Desde logo, o movimento do ar no varrimento deve ser uniforme, evitando zonas de recirculação que se traduzem em acumulações indesejáveis de fumo. Também a velocidade do varrimento importa, já que se esta for significativamente inferior à velocidade de escoamento do fumo, o fenómeno de transporte será ineficiente e o processo de desenfumagem ineficaz [Williams et al, 1999], [Li, Chow, 2012].

A aplicação dos supramencionados princípios, bem como dos dispostos regulamentares e das boas práticas em projecto visa garantir que os sistemas garantem o transporte eficaz do fumo, a estratificação da zona afectada, a extracção do fumo junto ao seu foco,

a circunscrição da extracção ao fumo – evitando a contaminação de uma passagem de ar, que não concorra para os objectivos da desenfumagem – bem como a precocidade na extracção do fumo [SIH, 2007].

Num sistema passivo o funcionamento é governado por forças de impulsão ou mássicas, também denominadas de tiragem térmica. Por conseguinte os principais componentes deste sistema são as entradas e as saídas na construção, o que se traduz, naturalmente, num sistema bastante económico (a Figura 1 [Harrison, 2004] ilustra o funcionamento de um sistema passivo). Adicionalmente podem considerar-se parte integrante dos sistemas passivos as telas de corte (telas verticais) dispostas na zona alta dos compartimentos com o objectivo de os subdividir ao nível em que ocorre a propagação do fumo, promovendo o controlo da sua propagação e facilitando a sua extracção.

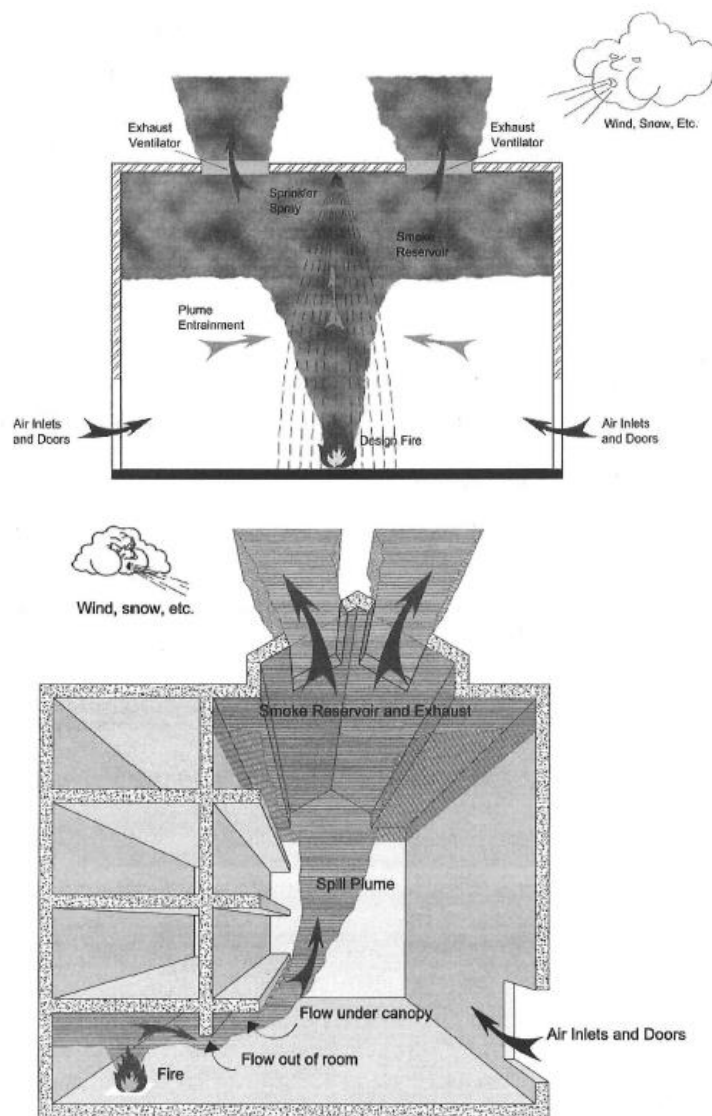


Figura 1 – Esquema de funcionamento de um sistema passivo de controlo de fumo [Harrison, 2004]

Num sistema activo, a extracção de fumo e a admissão de ar são alcançadas com meios mecânicos, podendo ser usada uma rede de condutas para distribuir o ar e recolher o fumo nos pontos do compartimento considerados pertinentes [NFPA, 1991], [Kruppa, Zhao, 2004].

Os sistemas mistos juntam diversas das características supracitadas, conjugando admissão ou extracção natural ou mecânica. Não se trata de sistemas com condições de grande eficiência, mas de soluções de recurso, usadas quando há constrangimentos geométricos, funcionais ou arquitectónicos à opção por sistemas puramente passivos [NFPA, 1991], [Vilar, 2010].

O método de hierarquia de pressões consiste na criação de diferenciais de pressões entre compartimentos. Desta forma é possível impedir que o escoamento se realize em determinados sentidos, nomeadamente direccionados aos caminhos de evacuação. Uma aplicação corrente é a pressurização positiva de núcleos de acessos verticais. Num contexto transversal a um conjunto de compartimentos, mesmo que munidos por sistemas passivos de varrimento, é pertinente dotar os compartimentos em que se faz a exaustão do fumo para o exterior de subpressões e o inverso (sobrepessões) nos compartimentos de admissão. O objectivo será o de beneficiar a eficiência da desenfumagem. Importa referir que a hierarquia de pressões está dependente do uso de meios mecânicos de pressurização [Germano, 2017], [Vilar, 2010].

#### 2.4. Os Sistemas de Controlo de Fumo Passivos e seu Dimensionamento

No contexto dos sistemas passivos importa distinguir o efeito chaminé do efeito de chaminé invertida. O primeiro traduz o princípio de funcionamento geral do varrimento passivo. Consiste no movimento da camada de fumo por acção de forças impulsivas, ou seja, por diferença de pressões e densidades entre o interior e o exterior do compartimento, devido às diferentes temperaturas.

Sendo a temperatura exterior mais baixa cria-se um movimento ascendente do ar dentro do compartimento, conforme ilustrado na Figura 2, [SFPE, 2016]. Em determinados cenários de incêndio [SFPE, 2016], nos quais se verifique que temperatura do ar exterior excede a temperatura do ar interior, verifica-se um movimento descendente do ar, o que se designa por efeito de chaminé invertida, conforme ilustrado na Figura 3, [SFPE, 2016].

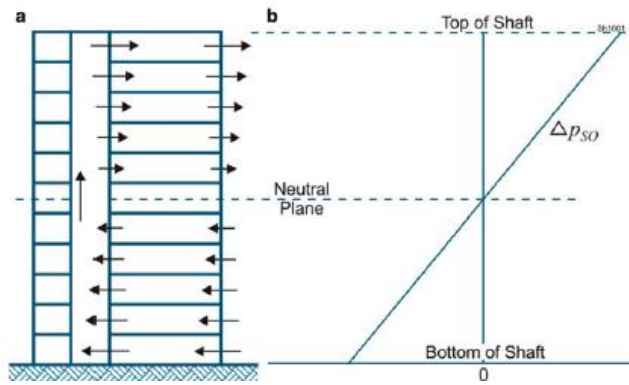


Figura 2 – Efeito de chaminé [SFPE, 2016]

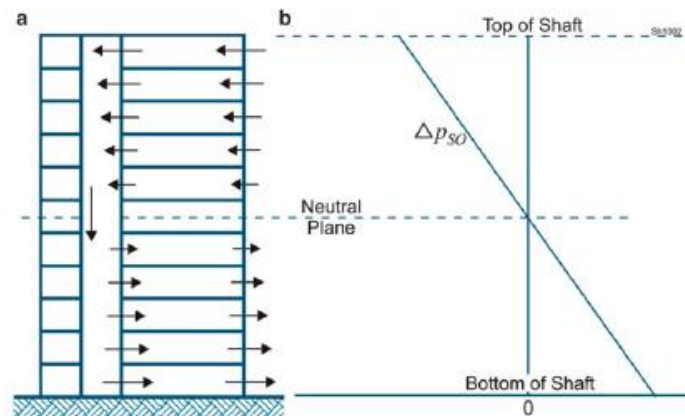


Figura 3 – Efeito de chaminé invertida [SFPE, 2016]

O efeito de chaminé (bem como o seu inverso) pode ser formulado em termos da diferença de pressões entre o ambiente interior e o ambiente exterior em Pa,  $\Delta p$ , da seguinte forma [SFPE, 2016], [Fernandes, 2008]:

$$\Delta p = 3460 (1/T_0 - 1/T_i) h \quad (1)$$

com  $T_0$  a temperatura absoluta do ar exterior,  $T_i$  a temperatura absoluta do ar interior, ambas em graus Kelvin e  $h$  a distância em metros ao plano horizontal onde a pressão hidrostática interior iguala a exterior (eixo neutro), positiva acima deste e negativa em caso contrário.

No que diz respeito à geometria dos sistemas passivos importa aludir às entradas de ar fresco, às saídas de fumo e aos equipamentos de controlo de fumo.

As entradas de ar fresco localizam-se, geralmente, a baixa altura (pouco acima dos pavimentos) em paredes exteriores. Quando os compartimentos a alimentar não comungam paredes com o exterior são usadas bocas de admissão a tomadas de ar exterior em localizações convenientes, as quais são conectadas aos compartimentos com recurso a condutas. Um aspecto da maior importância é a necessidade de garantir que as captações de ar exterior se localizam em zonas em que a captação acidental de fumo

expelido do próprio ou outros edifícios é inverosímil [Castro, Abrantes, 2009], [Klote, Fothergill, 1983], [Li, Chow, 2012].

Os principais factores a influenciar a captação de ar fresco em sistemas passivos são a área das aberturas de admissão bem como a orientação e a velocidade do vento incidente (esta última relacionada com a pressão do vento, incluindo os seus efeitos locais). Com efeito, a localização a privilegiar para as entradas de ar é a de fachadas expostas a sobrepressões (já que subpressões dificultam ou impedem a captação de ar) e nas quais o vento actue com constância. Adicionalmente, a colocação de entradas de ar fresco e de saídas de fumo em fachadas opostas é conveniente para alcançar uma corrente de ar o que, conseqüentemente, maximiza o efeito ventilação do tipo varrimento que se preconiza para este tipo de sistemas [Castro, Abrantes, 2009], [Klote, Fothergill, 1983], [Li, Chow, 2012].

As saídas de fumo devem ser dispostas nas cotas mais altas dos compartimentos, inseridas na espessura que se prevê enfumada. Para o lograr há três tipos de soluções distintas; execução de aberturas nas paredes exteriores, colocação de exutores na cobertura (cuja abertura ocorre apenas em caso de incêndio) e instalação de sistemas de condutas com bocas de admissão nos diversos compartimentos, canalizando o fumo para um único ponto de saída [Craighead, 2009], [SIH, 2007], [Hinkley, 1971], [Lie, McGuire, 1973].

A determinação da área necessária para as saídas de fumo depende da quantidade de fumo presumível. Esta quantificação pode ser feita atendendo às propriedades dos materiais presentes no compartimento, as quais se podem usar para estimar a quantidade de fumo que a sua combustão poderá originar.

Os equipamentos mais comuns de controlo de fumo que, em adição às aberturas e condutas mencionadas, compõem os sistemas passivos de varrimento são as barreiras de cantonamento, os exutores de vãos de escada, as grelhas e bocas e os comandos de abertura (nomeadamente para os exutores) [SIH, 2007].

As barreiras de cantonamento (ou telas verticais de tecto ou cobertura) são dispositivos que, suspensos na parte alta dos compartimentos são capazes de criar cantões de fumo sem necessitar de dividir o espaço em sub-compartimentos (conforme ilustrado na Figura 4 [INRS, 2009]). A sua actuação está cingida ao topo do compartimento, onde escoo o fumo e, conseqüentemente, onde o é possível conter até determinadas quantidades a partir das quais ocorre o galgamento.

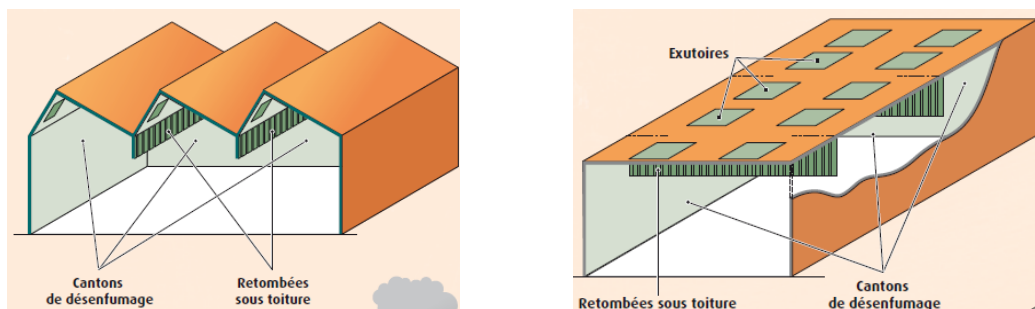


Figura 4 – Barreiras de cantonamento [INRS, 2009]

Os exutores são aberturas obturadas nas coberturas ou nos vãos de escada dos compartimentos, funcionando como dispositivos de evacuação de fumo e calor (conforme ilustrado na Figura 5 [SIH, 2007]). A sua abertura é feita por comando activado em caso de incêndio. Trata-se de equipamentos cuja manobra é requerida em caso de incêndio, pelo que estão sujeitos a requisitos importantes no que respeita à resistência e operacionalidade sob a acção do fogo.



Figura 5 – Exutor numa escada e seu dispositivo de accionamento automático [SIH, 2007]

A denominada *superfície geométrica de um exutor* é a superfície de abertura medida no plano definido pela superfície da estrutura (a construção) no seu ponto de contacto com o dispositivo (exutor). Não é diminuída pela existência de comandos, lamelas ou outras obstruções.

O coeficiente aéraulico define-se como a razão entre a vazão real, medida sob condições específicas (em laboratório), e a vazão teórica da saída. Este coeficiente leva em conta os obstáculos na saída, bem como o efeito dos ventos laterais. Assim, define-se a *superfície útil de um exutor* como o produto da *superfície geométrica de um exutor* pelo coeficiente aéraulico [IT246, 2004].

A exaustão do fumo, num contexto de desenfumagem com emprego de meios passivos, pode também ser feita com recurso a aberturas nas fachadas dos edifícios. O

aproveitamento de janelas, portas ou elementos arquitectónicos similares, dispostos na vertical e com possibilidade de abertura, conduziu à utilização do termo *vão*, usado na Arquitectura. É, portanto, a área circunscrita pelos vãos que se designa *superfície geométrica da abertura*. Já a *superfície livre da abertura* subtrai à pretérita os obstáculos (mecanismos de abertura, grelhas, lâminas, entre outros). Por fim, a *superfície efectiva da abertura* é definida através da experimentação física, que deve contemplar as deformações devidas às elevadas temperaturas.

Não obstante as pretéritas considerações, as grandezas admissíveis para os diversos cálculos a efectuar são, frequentemente, limitadas por disposições normativas que impõem determinados limites geométricos às superfícies de cálculo.

As condutas, bem como as bocas de admissão de ar e extracção de fumo têm associados diversos acessórios. Entre eles as grelhas são particularmente relevantes por servirem as funções de protecção mecânica das aberturas e de regularização dos escoamentos, permitindo ainda a sua obturação selectiva, que pode ser decisiva para criar as condições de varrimento ideais e para evitar a permeabilidade dos espaços fora da situação de incêndio [Pignatta e Silva et al, 2008], [SIH, 2007], [INRS, 2009]. Estas características são fundamentais para garantir a eficácia da extracção de fumos.

## 2.5. Disposições Regulamentares Portuguesas

No final de 2008 foram introduzidas alterações significativas à legislação vigente em Portugal relativamente à segurança contra incêndios em edifícios. Até então esta temática encontrava-se regulamentada numa profusão de diplomas, nomeadamente Decretos-Lei (426/89, 64/90, 34/95, 66/95, 167/97, 409/98, 410/98, 414/98, 368/99 [Viegas, 2006] e o *Regulamento Geral das Edificações Urbanas* – Decreto-Lei 38 382 de 1951), um Decreto Regulamentar (34/95), Portarias (063/97, 1064/97, 1299/2001, 1275/2002, 1276/2002, 1444/2002 e 586/2004) e uma Resolução do Conselho de Ministros (31/89) [Almeida, 2008]. Este contexto regulamentar tinha como salientes predicados a dispersão regulamentar, a promoção de uma visão pouco sistematizada conducente à heterogeneidade na interpretação, até por parte das autoridades [ANPC, 2012], [ANPC, 2013], [ANPC, 2013b], [ANPC, 2013c], [Pinhal, 2010], [Santos, 2010], bem como um conjunto de omissões. Entre as omissões mais relevantes encontravam-se, inclusivamente, diversos tipos de edificado, com utilizações específicas e a possibilidade de albergarem um número muito significativo de utilizadores [Neves, 2004].

Da situação relatada decorreu a necessidade de empreender uma revisão generalizada à legislação. Tal desiderato foi intentado com a aprovação, em sede de Conselho de Ministros, do *Regulamento Geral de Segurança contra Incêndios em Edifícios* (RG-SCIE) no início de 2007, mas apenas conseguido com o pacote legislativo do final de 2008.

Foram, portanto, o Decreto-Lei 220/2008 de 12 de Novembro, designado *Regime Jurídico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios* (RJ-SCIE) e a Portaria 1532/2008, de 29 de Dezembro, designada *Regulamento Técnico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios* (RT-SCIE) que inauguraram o actual conjunto de legislação estruturante sobre segurança contra incêndios em edifícios [ANPC, 2009]. Em ambos os casos a vigência iniciou-se em 1 de Janeiro de 2009, com respectiva revogação de diplomas anteriores.

Com efeito, entre as disposições regulamentares portuguesas sobre segurança contra incêndios em edifícios são de salientar as seguintes:

- **Decreto-Lei n.º 220/2008** de 12 de Novembro [RJ-SCIE, 2008]. O *Regime Jurídico da Segurança Contra Incêndio em Edifícios* é composto por cinco capítulos e cinco anexos com condições comuns e condições específicas. As primeiras são vertidas em 207 artigos, 29 dos quais se referem à temática do controlo do fumo [Viegas, 2006]. As condições específicas ocupam 101 artigos, sendo cinco deles referentes ao controlo do fumo. Neste regulamento destaca-se a especificação de um conjunto alargado de utilizações tipo, para as quais há uma uniformização de critérios e soluções, tornando o projecto mais congruente. No que se refere ao controlo do fumo destaca-se a manutenção do carácter prescritivo do articulado. As doze utilizações tipo (I a XII) são habitacional, estacionamento, administrativa, escolar, hospitalar e lares de idosos, espectáculos e reuniões públicas, hoteleiras e restauração, comerciais e gares de transportes, desportivas e de lazer, museus e galerias de arte, bibliotecas e arquivos, bem como industriais, oficinas e armazéns. Os locais de risco são seis (A a F) e definem-se a partir de considerações sobre o efectivo total, o efectivo de público, os ocupantes com limitações de mobilidade, a existência de riscos agravados de incêndio e a existência de sistemas essenciais à continuidade de actividades relevantes. Definem-se ainda quatro categorias de risco (da 1ª à 4ª por ordem crescente de risco) em função da altura, da área bruta, do efectivo total, do efectivo em locais de risco D e E, da existência de cobertura ou não, do número de pisos abaixo do plano de referência e da carga de incêndio;

- **Decreto-Lei n.º 224/2015** de 9 de Outubro [DL224, 2015], que estabelece a primeira alteração ao Decreto-Lei 220/2008. Com este Decreto-Lei foram mudados os artigos 1º a 6º, 8º a 14º, 16º a 19º, 21º a 27º, 29º a 31º e 35º do referido;
- **Portaria n.º 1532/2008** de 29 de Dezembro [RT-SCIE, 2008]. O *Regulamento Técnico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios* (RT-SCIE) é constituído por oito títulos (I a VIII) e um anexo. Nele se estabelece os critérios de dimensionamento para sistemas passivos (localização, resistência ao fogo das estruturas e dos materiais, compartimentação e dimensionamento e protecção dos caminhos de evacuação, entre outros) e para sistemas activos (condições gerais das instalações técnicas e dos equipamentos e sistemas de segurança) [ANPC, 2012], [ANPC, 2013], [ANPC, 2013b], [ANPC, 2013c], [Pedroso, 2016];
- **Despacho n.º 2074/2009** de 15 de Janeiro do Presidente da Autoridade Nacional de Protecção Civil [ANPC, 2009] estabelece os *CrITÉrios Técnicos para Determinação da Densidade de Carga de Incêndio Modificada*;
- **Portaria n.º 64/2009**, de 22 de Janeiro [Portaria 64, 2009] estabelece o *Regime de Credenciação de Entidades para a Emissão de Pareceres, Realização de Vistorias e de Inspeções das Condições de Segurança Contra Incêndio em Edifícios*. Dois anos mais tarde, a **Portaria 136/2011** de 5 de Abril [ANPC, 2009] veio rectificar a redacção do aludido regime;
- **Portaria n.º 610/2009**, de 8 de Junho [ANPC, 2009] veio regulamentar o funcionamento do sistema informático previsto no n.º 2 do artigo 32.º do Decreto - Lei n.º 220/2008;
- **Portaria n.º 773/2009**, de 21 de Julho [ANPC, 2009] estabelece o procedimento de registo, na Autoridade Nacional de Protecção Civil, das entidades que exerçam a actividade de comercialização, instalação e ou manutenção de produtos e equipamentos de segurança contra incêndio em edifícios;
- **Portaria nº 1054/2009**, de 16 de Setembro [ANPC, 2009], fixa o valor das taxas devidas pelos serviços executados pela Autoridade Nacional de Protecção Civil;
- **Despacho 12037/2013** [ANPC, 2013d], designado Nota Técnica N.º 8 – *Grau de Prontidão dos Meios de Socorro* é aplicável a edifícios das terceira e quarta categorias de risco;

- **Despacho 12605/2013** [ANPC, 2013e], designado Nota Técnica N.º 13 – *Redes Secas e húmidas*, determina os requisitos e especificações a que deve obedecer a instalação de redes secas e húmidas;
- **Despacho 13042/2013** [ANPC, 2013f], designado Nota Técnica N.º 14 – *Fontes Abastecedoras de Água para o Serviço de Incêndio* e respectiva **Declaração de rectificação 1176/2013**;
- **Despacho 14903/2013** [ANPC, 2013g], designado Nota Técnica N.º 15 – *Centrais de Bombagem para o Serviço de Incêndio*.

## 2.6. Outros Regulamentos e Boas Práticas

No presente subcapítulo identifica-se, e articula-se, o conjunto de obras mais significativas sobre o tema em estudo. O seu propósito, neste documento, é o de conferir o enquadramento das referências bibliográficas usadas nos capítulos ulteriores.

Entre as normas internacionais de edição recente, cuja valia e abrangência não suscita dúvidas entre a comunidade técnica e científica [INRS, 2009] pode salientar-se a recomendação francesa *Instruction Technique 246 Relative au désenfumage des Établissements Recevant du Public* [IT246, 2004], emitida em Portaria de 22 de Março de 2004.

Este regulamento que, no que ao controlo de fumo diz respeito, serviu de inspiração para o quadro normativo português actual (Portaria n.º 1532/2008) [Ramos, 2012], [Ramos, 2016] tem um âmbito direccionado aos edifícios públicos e restringido à desenfumagem. Todavia, contempla os sistemas passivos e activos de controlo de fumo, empreendendo uma abordagem holística na transversalidade aos diversos aspectos das soluções especificadas, com profusas considerações num contexto prescritivo. Adicionalmente, é já dotada de uma visão aberta que não restringe os métodos de cálculo mais avançados, especialmente focados na simulação numérica como método de projecto, estabelecendo os objectivos que esta deve alcançar.

No supramencionado contexto pode afirmar-se que a norma IT246 constitui um documento de referência para o projecto de sistemas de controlo de fumo, com abordagens prescritivas ou baseadas no desempenho, podendo ser aplicada para além do âmbito restrito a edifícios públicos.

Para além da norma IT246, o conjunto normativo francês referente à segurança contra incêndio é constituído, igualmente, pelo Decreto do Código do Trabalho n.º 92-332 de

31 de Março de 1992 e pelo Decreto de 31 de Janeiro de 1986 relativo à protecção contra incêndios de edifícios residenciais, publicado no Jornal Oficial de 5 de Março de 1986 e alterado em 18 de Agosto de 1986 [SIH, 2007]. Já, para o controlo de fumo, importam o Artigo R.235-4-8 do Código do Trabalho, o Artigo 14 do Decreto de 5 de agosto de 1992 e o Artigo IGH GH 29 para edifícios altos [SIH, 2007].

Nos Estados Unidos da América a publicação de normativas referentes à Engenharia de Protecção ao Fogo remontam a 1927, por ocasião da primeira versão do “*Life Safety Code*” da *National Fire Prevention Association* (NFPA), tendo a mesma organização publicado a primeira versão do “*Uniform Fire Code*” em 1973. A NFPA, instituída em 1896, é a autoridade Norte-Americana co-responsável pela regulamentação de protecção ao fogo, partilhando essa incumbência com a *Federal Emergency Management Agency* (FEMA) [Almeida, 2008].

As actuais versões do conjunto normativo dos Estados Unidos da América que se afiguram relevantes para o projecto de sistemas de segurança contra incêndios são as versões de 2018 das supracitadas normas, [NFPA, 2018a] e [NFPA, 2018]. Adicionalmente, para o projecto de sistemas passivos de controlo de fumo são pertinentes a publicações *Smoke management systems in malls, atria and large areas* [NFPA, 1991] e *Guide on Alternative Approaches to Life Safety* [NFPA, 2007].

São ainda de destacar normas nacionais espanholas, britânicas e neozelandesas sobre a protecção contra incêndios em edifícios. No caso das primeiras destaca-se o *Reglamento de seguridad contra incêndios en los establecimientos industriales* [Real Decreto 2267, 2004] e o *Código Técnico de la Edificación* [Real Decreto 314, 2006].

Entre as normas britânicas pesquisadas são pertinentes para a temática do projecto de sistemas passivos de controlo de fumo o *Code of practice BS7346 Part 4: Components for smoke and heat control systems. Functional recommendations and calculation methods for smoke and heat exhaust ventilation systems, employing steady-state design fires* [BS7346, 2003] e a norma *BS5588: Fire precautions in the design, construction and use of buildings* [BS5588, 1997].

A norma neozelandesa com prescrições não despiciendas para a temática é o *New Zealand Building Code Handbook and Approved Documents* [BIA, 2001].

No que às recomendações e boas práticas internacionais diz respeito, a pesquisa bibliográfica realizada identificou as publicações históricas mais relevantes, que influenciaram decisivamente a forma como o projecto e a prática evoluíram nos pretéritos sessenta anos bem como as mais recentes publicações que sustentam as

abordagens de cálculo que podem trazer significativos benefícios ao dimensionamento de sistemas de controlo de fumo no futuro.

Entre as primeiras podem referir-se os estudos sobre a dinâmica do fogo em compartimentos [Kawagoe, 1958], as metodologias sobre controlo de fumo em compartimentos e edifícios [Tamura, 1970], [Hinkley, 1971], [Benjamin *et al*, 1977], [Klote, Fothergill, 1983], [Klote, 1984], [Milke, 1990], [Klote, Milke, 1992], [Morgan *et al*, 1999] e [Williams *et al*, 1999], os estudos que teorizam o comportamento humano em caso de evacuação em cenário de incêndio [Proulx, 1995] e [Purser, 2001], a publicação de critérios de dimensionamento de equipamentos específicos para o controlo passivo do fumo, como os exutores [APSACI, 1980], ou os fundamentos para o dimensionamento integrado de sistemas de protecção contra incêndios [Fitzgerald, 1997].

As publicações mais recentes que importa mencionar são aquelas que guiam as abordagens de projecto baseado no desempenho. Entre estas é particularmente relevante a publicação *Performance-Based Fire Safety Design* da *Society of Fire Protection Engineers* (SFPE) [SFPE, 2015], bem como alguns artigos devotos à reflexão sobre as possibilidades de verter tal abordagem sob a forma de normas e códigos de dimensionamento, como [Wolski *et al*, 2000] e [Croce *et al*, 2008], ambos publicados na revista *Fire Safety Journal*.

De um modo complementar às pretéritas referências bibliográficas, não são despiciendas as revisões abrangentes sobre a segurança ao incêndio integrando a componente do comportamento humano, como é o caso de [Kobes *et al*, 2010].

São casos particularmente relevantes as recomendações e guias de dimensionamento da *Society of Fire Protection Engineers* e da *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*, com sucessivas versões que, ao longo das últimas décadas serviram de referência ao projecto de sistemas de protecção ao fogo, mantendo sempre a sua actualidade, de tal forma que continuam a marcar as tendências futuras no tema. Entre os aludidos contam-se as últimas versões do *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* [SFPE, 2002] e [SFPE, 2016], bem como o *Handbook of smoke control Engineering* [ASHRAE, 2012].

No contexto português são de destacar, como manuais de boas práticas, as publicações *Segurança contra incêndio em edifícios de habitação* [Coelho, 1998], *A Segurança contra incêndio em edifícios - visão integrada* [Neves, 2004], o *Manual de Segurança Contra Incêndio em Edifícios* da Escola Nacional de Bombeiros [Castro, Abrantes,

2009] ou o *Manual de Exploração de Segurança Contra Incêndio em Edifícios* da *Associação Portuguesa de Segurança Electrónica e de Protecção Incêndio* (APSEI, actualmente *Associação Portuguesa de Segurança*) [Roberto, Castro, 2010].



### 3. Análise do Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndios em Edifícios

#### 3.1. Dimensionamento de Sistemas de Controlo de Fumo Passivos conforme o RT-SCIE

No contexto regulamentar português vigente distinguem-se duas opções para o controlo de fumo (CF): a desenfumagem – a qual não implica a total retirada do fumo, como a designação pode sugerir, mas antes cria um escoamento que “*reduz a contaminação e a temperatura dos espaços, mantendo as condições de visibilidade, nomeadamente nas vias de evacuação*” [RT-SCIE, 2008] – e a pressurização. Entre os sistemas regulamentados para lograr a desenfumagem contam-se os passivos, os activos e os mistos. É dos primeiros que trata o presente trabalho.

Governam o dimensionamento dos sistemas em epígrafe, em território português, as disposições regulamentares vertidas no articulado do *Regulamento Técnico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios* (RT-SCIE).

De entre estas, os artigos dedicados são os compreendidos entre o 133.º e o 142.º, entre o 148.º e o 153.º, o 155.º, o 156.º, o 159.º e o 160.º.

Um óbice identificado pela comunidade técnica dedicada ao dimensionamento de sistemas de protecção contra incêndios em edifícios (fortemente aludido nas consultas reportadas em 3.2.1) reside na dispersão dos artigos regulamentares pertinentes. Não apenas é necessária a consulta de diversas normas (nomeadamente RT-SCIE e RJ-SCIE), como numa única norma são diversos e dispersos os artigos que apenas em conjunto permitem dimensionar uma solução.

Face ao exposto acolheu-se a sugestão de preparar um resumo anotado dos artigos pertinentes para o dimensionamento de sistemas de Controlo de Fumo Passivos.

Entendeu-se que esta sistematização é crucial para que o leitor possa entender as dificuldades percursoras do tema do presente trabalho e a aplicação lograda em 5.2, não deixando de ser algo totalmente pertinente no contexto iminentemente prático que deve ter um Trabalho Final de Mestrado.

Apesar do supramencionado, optou-se por remeter tal resenha para anexo ao presente documento, mantendo apenas um resumo na Tabela 1. Consequentemente, a referida tabela é melhor interpretada em conjunto com o anexo, no qual está também indicada a extensa nomenclatura usada.

Como epílogo aos critérios expostos em anexo é relevante deixar explícito que o projecto de SCIE não se limita ao cumprimento do disposto regulamentar. Sendo essa uma parte fundamental, não é menos importante a boa concepção dos sistemas e uma atitude preventiva, que coloque os diversos aspectos da segurança, nomeadamente a contra o incêndio, no topo das prioridades da concepção dos edifícios.

No que à concepção dos sistemas diz respeito, constata-se que a utilização de sistemas passivos de controlo de fumo é beneficiada em espaços menos exíguos, com pés-direitos generosos e um contacto directo com a cobertura do edifício. A permeabilidade das envolventes, sobretudo no topo dos compartimentos é igualmente um factor que potencia a concepção de melhores sistemas. A garantia de que as entradas de ar se encontram nas zonas frias e as saídas de fumo nas zonas enfumadas é fundamental para alcançar um sistema eficaz. O contrário resulta em problemas graves na estratificação do fumo.

Sem prejuízo da necessidade imperativa de consultar os vários regulamentos, na sua plenitude, no exercício do projecto de SCIE, é possível destacar – com o fim único de dotar este documento de acrescida inteligibilidade – os aspectos mais significativos para dimensionamento constantes no RT-SCIE. Dá-se particular atenção às disposições que impõem condições analíticas a respeitar. Tal desiderato é logrado com a Tabela 1.

Tabela 1 – Aspectos fundamentais do RT-SCIE para o dimensionamento de sistemas passivos de CF

Art.º	Objecto	Disposição	Observações
<b>Interdição do uso de sistemas passivos de CF</b>			
134.º	Desenfumagem passiva	Locais amplos cobertos com $h > 12\text{m}$ ;	
135.º		Cozinhas;	
		Pisos enterrados, caso seja mais do que um piso abaixo do plano de referência;	
<b>Permissão do uso de sistemas passivos de CF</b>			
135.º	Desenfumagem passiva	Vias verticais enclausuradas;	
		Câmaras corta-fogo;	
		Vias horizontais em edifícios da 3ª e 4ª categorias com $l > 30\text{m}$ ;	
		Vias horizontais com $l > 10\text{m}$ em pisos com altura $H > 28\text{m}$ acima do plano de referência ou abaixo deste;	
		Vias horizontais em locais de risco B sem vias alternativas, ou em quaisquer locais de risco D;	
		Quaisquer vias horizontais com $l > 10\text{m}$ sem vias alternativas;	
		Galerias de ligação entre edifícios;	
		Pisos no subsolo, acessíveis ao público ou com $A_{\text{planta}} > 200\text{m}^2$ ;	Apenas no caso de um único piso

Art.º	Objecto	Disposição	Observações
		Locais de risco B com efectivo > 500 pessoas;	
		Locais de risco C com $V > 600 \text{ m}^3$ , ou carga de incêndio modificada > 20000 MJ, ou potência instalada > 250 kW, ou outros factores de risco associados a gases inflamáveis;	Consultar RT-SCIE e RJ-SCIE
		Átrios e corredores adjacentes a pátios interiores cobertos em que seja possível inscrever um cilindro de diâmetro = máximo {4m, h} para $h < 7\text{m}$ e de $\sqrt{7h}$ caso contrário;	
		Estacionamentos cobertos;	Consultar RT-SCIE
		Edifícios industriais;	Consultar RT-SCIE
		Espaços cénicos isoláveis;	
135.º	Duplicação de sistemas	Em vias verticais enclausuradas em edifícios de altura $H > 28\text{m}$ devem ser usados sistemas de desenfumagem passiva e de sobrepresão;	
Determinação das áreas úteis de entradas de ar e de saídas de fumo			
139.º		Conforme EN 12101-2:2003;	Restringe-se à Norma Europeia
Condições gerais para sistemas de desenfumagem passiva			
141.º	Admissão de ar	Em vãos implantados a $h \leq 1\text{m}$ ;	
		Em bocas de admissão ligando o exterior ao espaço a desenfumar com condutas;	
	Evacuação de fumo	Em vãos implantados a $h \geq 1.8\text{m}$ ;	
		Em exutores;	
		Em bocas de extracção ligando o exterior ao espaço a desenfumar com condutas;	
142.º	Conduitas	$A_{\text{conduta}} \geq \sum A_{\text{aberturas}}$	
		$0.5 \leq b/h \leq 2$	
		$\leq 2$ desvios da vertical	
		Desvios com a vertical $\leq 20^\circ$	
		$L_{\text{ramais ligação à conduta vertical}} \leq 2\text{m}$ A menos que calculado em contrário com $T_{\text{ar}} = 15^\circ\text{C}$ , $v_{\text{ar}} = 0$ , $T_{\text{fumo}} = 70^\circ\text{C}$	Poderão estas condições aplicar-se para demais cálculos?
Condições para pátios e zonas apenas			
	Admissão de ar	Aberturas o mais baixo possível;	Ver Art.º 141.º
	Evacuação de fumo	Com exutores na cobertura, a mais de 4m das paredes circundantes;	
		Caso haja vãos para evacuação estarão a mais de $2/3h$ e com área $A_{\text{vão}} \leq (A_{\text{vão}} + A_{\text{exutor}})/3$	
		$A_{\text{evacuação}} \geq 0.05 A_{\text{planta}}$	
149.º	Cantonamento	Devem ser colocados painéis ao longo do perímetro do pátio para garantir uma altura livre de fumo de $h \geq 2\text{m}$ nas vias horizontais apenas que sirvam locais de risco A ou B;	
	Crítérios	A propósito do uso, alternativo, de sistemas activos estabelece-se a condição da obtenção de “resultados equivalentes” aos conseguidos pelos sistemas passivos;	Não estão explícitos quais os “resultados equivalentes”
Condições gerais para sistemas de desenfumagem passiva			

Art.º	Objecto	Disposição	Observações
152.º	Cantonamento	Cantonar compartimentos com $A_{planta} > 1600m^2$ ou $l > 60m$ , excepto em garagens;	Consultar RT-SCIE
153.º	Admissão de ar	Aberturas o mais baixo possível, em zona livre de fumo;	Não é explícito o critério para determinação das alturas enfumadas
	Evacuação de fumo	Aberturas o mais alto possível, em zona totalmente enfumada;	
	Critérios diversos	$0.5 \sum A_{evacuação} \leq \sum A_{admissão} \leq \sum A_{evacuação}$	
		Distância de qualquer ponto à saída de fumo $\leq$ mínimo {7 pé-direito; 30m}, se o declive do tecto $\leq$ 10%; Saída de fumo no topo do compartimento, acima do pé-direito, se o declive do tecto $>$ 10%;	
		$L_{condutas\ verticais} < 40 A_{conduta} / Perímetro_{conduta}$ $A_{abertura\ evacuação\ fachada} \leq (A_{aberturas\ evacuação})/3$	
	A área total útil das aberturas para evacuação deve ser objecto de cálculo devidamente fundamentado	Não estão indicados os critérios cujo cumprimento deve ser demonstrado através de <i>cálculo devidamente fundamentado</i>	
<b>Condições para vias horizontais de evacuação</b>			
156.º	Critérios diversos	Aberturas para admissão de ar e para evacuação de fumo devem ser alternadas;	
		Distância máxima entre abertura de admissão de ar e evacuação de fumo $\leq$ 10 m em percurso recto, $\leq$ 7 m caso contrário;	
		Distância máxima entre uma saída do local de risco e uma abertura para evacuação de fumo $\leq$ 5 m, a menos que se encontre entre uma admissão e uma evacuação;	
		$n.º_{aberturas\ admissão\ ar} \geq n.º_{aberturas\ evacuação\ fumo}$	
		$A_{aberturas\ evacuação\ fumo} \geq 0.1m^2/$ unidade de passagem de largura de via	
		No posicionamento dos vãos na fachada deve ter-se em conta a acção do vento, fazendo bom uso das diferenças de pressão nas fachadas	Não é explícito se se trata de um princípio ou se devem ser efectuados cálculos e, se sim, com que dados
		As condutas verticais para evacuação de fumo não podem servir mais do que cinco pisos sucessivos	Poderá colocar-se a questão sobre a possibilidade de as condutas servirem mais

Art.º	Objecto	Disposição	Observações
			pisos não sucessivos
Condições para vias verticais de evacuação			
160.º	Critérios diversos	$A_{\text{evacuação}} \geq 1\text{m}^2$	
		$\sum A_{\text{admissão}} \geq \sum A_{\text{evacuação}}$	
		Em escadas de pisos enterrados: $A_{\text{evacuação}} \geq 1\text{m}^2$ Caudal de compensação ou admissão de ar $\geq 0.8\text{m}^3/\text{s}$	Consultar RT-SCIE
		Condutas em câmara corta-fogo: $A_{\text{conduta admissão}} \geq 0.1\text{m}^2$ $A_{\text{conduta evacuação}} \geq 0.1\text{m}^2$	
		Pode usar-se exclusivamente aberturas em todos os patamares: $A_{\text{abertura patamar}} \geq 0.25\text{m}^2$	

### 3.2. Observações

Somente com recurso à auscultação das entidades envolvidas directamente no projecto, construção e regulação dos sistemas de protecção contra incêndio, por um lado, e das entidades responsáveis pelo combate aos incêndios urbanos, por outro, é possível obter uma perspectiva completa e fundamentada dos problemas e soluções no contexto da temática tratada no presente estudo. Tal informação permitiu empreender uma abordagem holística na análise do dimensionamento dos sistemas passivos de controlo de fumo.

A obtenção da informação mencionada foi lograda através da realização de um inquérito às entidades supramencionadas. Tal documento foi concebido numa lógica dual, com questões que permitem respostas simples, afirmativas ou negativas, e com espaço para o desenvolvimento. Com a primeira foi possível recolher parâmetros objectivos e mensuráveis, que possibilitam a inferência de opiniões maioritárias, não prescindindo das informações pontuais e subjectivas, da segunda, que acrescentaram valor ao estudo com sugestões maturadas e fundamentadas na experiência.

O inquérito elaborado e disponibilizado à comunidade é apresentado em anexo ao presente documento.

Importa referir que as opiniões transmitidas são individuais e, portanto, não vinculam as entidades nas quais os indivíduos em questão se encontrem filiados.

### 3.2.1. Perspectiva das Entidades Projectistas de SCIE

Consultou-se um conjunto de entidades constituído por 75 projectistas de SCIE, todos legalmente habilitados para o projecto dos sistemas em questão.

Adicionalmente contactou-se directamente a APSEI, solicitando não apenas a resposta ao inquérito mas também a divulgação do inquérito pelos seus associados. O mesmo pedido foi endereçado à Delegação portuguesa da *Society of Fire Protection Engineers*. Em ambos os casos não se obteve resposta.

Entre as 75 entidades supramencionadas obteve-se uma taxa de resposta relativamente baixa de 28 %, não obstante às solicitações por correio electrónico terem sucedido os contactos telefónicos em 56 % dos casos.

As tendências recolhidas das respostas curtas ao inquérito (expressas na Tabela 2) revelaram que a opinião de que os actuais sistemas passivos de controlo de fumo funcionam incorrectamente é minoritária (38%). Mesmo quando a pergunta incide sobre a pertinência dos regulamentos que regem o dimensionamento desses sistemas para edifícios de volumetria ou forma incomuns, é maioritária (71%) a opinião de que as actuais prescrições estão ajustadas.

Contrariamente ao que se supunha antes desta auscultação, a maioria dos projectistas (62%) é desfavorável ao projecto com requisitos de desempenho. Todavia, esta tendência de rejeição torna-se minoritária (38%) quando é oferecida a hipótese de a regulamentação se tornar dual, mantendo a abordagem prescritiva como opcional à baseada em requisitos de desempenho.

A percepção de desadequação da actual legislação para determinados tipos de construção é sublinhada quando a maioria dos projectistas (67%) se afirma incapaz de fazer cumprir os artigos do RT-SCIE para qualquer tipo de edifício.

Por fim, regista-se uma tendência generalizada na rejeição da criação de mecanismos de validação externa (por parte de outros profissionais), sobretudo na recuperação da vistoria por parte dos Bombeiros (95%), mas também na instituição da obrigatoriedade da revisão de projectos por parte de outros técnicos (76%).

Tabela 2 – Respostas dos Projectistas de SCIE

	Questão	Sim	Não
1.1.	Entende que os sistemas passivos de controlo de fumo (desenfumagem natural) funcionam incorrectamente? Encontra problemas ou insuficiências na admissão de ar ou na evacuação de fumo?	8	13
1.2.	Considera que o actual contexto regulamentar, ajustado a edifícios comuns, produz resultados satisfatórios em edifícios incomuns (de	15	6

	Questão	Sim	Não
	volumetria ou forma particulares)?		
1.4.	É favorável a que os projectos dos edifícios, ao invés de estarem obrigados a cumprir regras geométricas, passem a ter requisitos de desempenho (objectivos a cumprir, em determinadas condições, independentemente da solução adoptada)?	8	13
1.5.	Actualmente os projectos de segurança contra incêndio são efectuados por técnicos habilitados para o efeito. Contudo não é requerida uma validação externa das soluções dimensionadas. Considera necessária:		
1.5.1.	A recuperação da vistoria por parte dos Bombeiros às construções?	1	20
1.5.2.	A instituição da obrigatoriedade da revisão de projectos por parte de outros técnicos?	5	16
2.1.	Considera possível fazer cumprir os requisitos regulamentares referentes aos sistemas passivos de controlo de fumo (nomeadamente os artigos do RT-SCIE) no projecto de qualquer edifício cujos sistemas de controlo de fumo sejam passivos?	7	14
2.2.	Considera vantajosa a hipótese de a regulamentação portuguesa manter uma abordagem prescritiva para edifícios comuns (impondo regras geométricas para entradas de ar e saídas de fumos) e, simultaneamente, permitir que, quando se justifique, as construções possam ser dimensionadas com requisitos de desempenho?	13	8

O gráfico da Figura 6 ilustra as pretéritas afirmações.

Importa referir que a presente inferência de tendências sustentadas em depoimentos não se pretende constituir como uma sondagem com valor estatístico. Com efeito, a exiguidade da amostra e as dúvidas relativamente à sua representatividade não o permitem.

A título de exemplo, determinando-se um valor esperado para a resposta dos projectistas à questão 1.1, com respectivas probabilidades de excedência e não excedência,  $p_f$ , é possível estimar um erro expectável,  $\varepsilon\%$ , para as referidas probabilidades com recurso à expressão (2). Assim se obtém uma medida objectiva da qualidade das estimativas que é possível lograr com a amostra disponível. Nesse contexto, para um intervalo de confiança de 95%, considerando a probabilidade  $p_f$  assemelhada a uma probabilidade  $p_f^T$ , teórica da obtenção de uma resposta negativa (a mais frequente) e que a distribuição é Gaussiana – o que, face à dimensão da amostra apenas se justifica com o carácter especulativo da demonstração em causa – o erro é 21%. Ou seja, mesmo que a dimensão da amostra se pudesse supor suficiente para a inferência de parâmetros estatísticos, o erro a eles associados, por via do tamanho dessa amostra e da repartição

expressiva das respostas às primeiras questões, seria sempre demasiado grande para se poder afirmar estatisticamente sólidos os resultados obtidos.

Para os pretéritos cálculos, utilizou-se as definições de média (3) e desvio-padrão (4) associados a um processo binário, bem como a *Variável Aleatória Normal Standard* (5) e a sua função cumulativa de probabilidade (6) em substituição da função de densidade de probabilidade para uma distribuição *Normal* (7) [De Moivre, 1756].

$$\varepsilon\% = 100u_{1-\alpha/2} \sqrt{(1 - p_f^T)/(N P_f^T)} \quad (2)$$

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^N x_i / N \quad (3)$$

$$\sigma_x^2 = \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 / (N - 1) \quad (4)$$

$$Z = (x - \mu_x) / \sigma_x \quad (5)$$

$$\Phi(z) = P(Z \leq z) \quad (6)$$

$$f(x) = e^{-(x-\mu)^2/(2\sigma^2)} / (\sigma\sqrt{2\pi}) \quad (7)$$

Das respostas longas às mesmas questões foi possível extrair os seguintes pontos de vista:

- A natureza prescritiva do RT-SCIE foi apontada como o principal óbice à sua aplicação, o que de alguma forma enquadra as situações em que os projectistas se afirmam incapazes de cumprir as especificações regulamentares. Embora sejam minoritários os projectistas que adjectivam o regulamento de inadequado, não é insignificante o número de profissionais que realçam a dificuldade em projectar sistemas de controlo de fumo passivos para edifícios com particularidades geométricas, não apenas de grandes dimensões mas também de pequenas dimensões, estes últimos especialmente no caso particular das reabilitações urbanas. Entre os aludidos projectistas cuja formação de base é a Arquitectura foi demonstrado algum desconforto pela limitação que as especificações do RT-SCIE podem impor a essa especialidade.

Objectivamente, foram apontadas razões como a ineficiência dos sistemas projectados, conforme o regulamento, quando o diferencial térmico é restrito ou quando as aberturas de entrada de ar e saída de fumo, embora cumprindo regras geométricas, não se adequam às especificidades dos locais. Adicionalmente, a falta

de justificação para as regras apresentadas foi mencionada como um factor que subtrai a capacidade de interpretação e analogia, necessárias à concepção de projectos;

- As opiniões desfavoráveis à implementação de uma abordagem de projecto assente em requisitos de desempenho fundamentaram-se na pouca crença nas suas vantagens e especialmente na sua relação custo de projecto / benefício, no receio da monopolização da actividade de projecto, no receio de que os erros de projecto se tornem mais frequentes, na constatação de que os resultados logrados podem diferir profundamente entre diferentes projectistas e entre diferentes programas de cálculo e na insuficiência dos honorários impostos pelo mercado para a elaboração de abordagens de cálculo tão laboriosas.

Todavia, foi evidente nos projectistas que não se pronunciaram sobre o tema o desconhecimento e falta de formação sobre a temática;

- A abordagem dual, com uma componente prescritiva e outra baseada no desempenho, mereceu uma aceitação generalizada, embora tenha sido manifestado o receio de que a circunstância de poderem decorrer em soluções muito diferentes, em casos semelhantes, pode rapidamente tornar uma das abordagens obsoleta. Com efeito, foi sugerido que a abordagem baseada no desempenho seja cingida a situações em que as regras prescritivas comprovadamente não permitam o dimensionamento de sistemas seguros ou não se apliquem ao caso em questão.

### 3.2.2. Perspectiva das Entidades que Combatem os Incêndios

Os Bombeiros portugueses estão organizados em Corpos Voluntários e Profissionais tendo no combate aos incêndios uma de muitas incumbências integrantes da sua missão. Existem em muito menor número, os Corpos de Bombeiros Mistos bem como os Privativos. Os Corpos de Bombeiros Profissionais designam-se Bombeiros Sapadores e são hierarquicamente dependentes de uma Câmara Municipal. A sua organização compreende Regimentos, Batalhões, Companhias e Secções. Os Corpos de Bombeiros Voluntários inserem-se, estruturalmente, em Associações Humanitárias de Bombeiros. Dado o carácter urbano da temática vertida no questionário seleccionou-se um conjunto de 180 corpos de bombeiros cuja área geográfica de intervenção inclui edificado denso. Foi dado especial ênfase aos aglomerados urbanos de Lisboa e Porto tendo, contudo, sido inquiridos corpos de todas as capitais de distrito e principais cidades do continente e ilhas.

Adicionalmente realizaram-se entrevistas mais extensas com responsáveis do Regimento de Sapadores Bombeiros de Lisboa e do Batalhão de Sapadores Bombeiros do Porto.

A taxa de resposta, após as solicitações feitas por correio electrónico e por telefone cifrou-se em 13%. Um valor tão baixo justificou-se, em primeiro lugar pela dificuldade em encontrar endereços de correio electrónico funcionais e, também, pela pouca afinidade que diversos corpos demonstram relativamente à temática do projecto. Em particular, os corpos voluntários, bem como as que têm menos e menor edificado na sua área de acção mostraram-se menos receptivas à temática.

As tendências observadas nas respostas curtas (expressas na Tabela 3) ao inquérito indicam que a maioria dos Bombeiros (67%) entende que os sistemas passivos de controlo de fumo funcionam correctamente e uma percentagem muito semelhante (63%) acredita na adequação dos regulamentos de projecto vigentes, até para edifícios incomuns.

Observou-se uma repartição nas opiniões sobre a aceitação de uma abordagem de projecto baseada no desempenho, com uma curiosa tendência (58%) favorável à permissão dessa abordagem. (Recorda-se que, entre os projectistas, a mesma opinião só se verificou em 38% dos casos.)

Sem surpresa, todos os inquiridos se declaram favoráveis à recuperação da vistoria por parte dos Bombeiros às construções. Já quanto à instituição da obrigatoriedade da revisão de projectos por parte de outros técnicos, a maior parte dos Bombeiros (63%) optou por não responder, tendo todos os que responderam dado uma resposta afirmativa.

Tabela 3 – Respostas dos Corpos de Bombeiros

	Questão	Sim	Não
1.1.	Entende que os sistemas passivos de controlo de fumo (desenfumagem natural) funcionam incorrectamente? Encontra problemas ou insuficiências na admissão de ar ou na evacuação de fumo?	8	16
1.2.	Considera que o actual contexto regulamentar, ajustado a edifícios comuns, produz resultados satisfatórios em edifícios incomuns (de volumetria ou forma particulares)?	15	9
1.4.	É favorável a que os projectos dos edifícios, ao invés de estarem obrigados a cumprir regras geométricas, passem a ter requisitos de desempenho (objectivos a cumprir, em determinadas condições, independentemente da solução adoptada)?	14	10
1.5.	Actualmente os projectos de segurança contra incêndio são efectuados por técnicos habilitados para o efeito. Contudo não é requerida uma		

Questão		Sim	Não
validação externa das soluções dimensionadas. Considera necessária:			
1.5.1.	A recuperação da vistoria por parte dos Bombeiros às construções?	24	0
1.5.2.	A instituição da obrigatoriedade da revisão de projectos por parte de outros técnicos?	9*	0*

\* Vários inquiridos (63%) optaram por não responder a esta questão.

Os gráficos da Figura 6 ilustram os resultados mencionados.

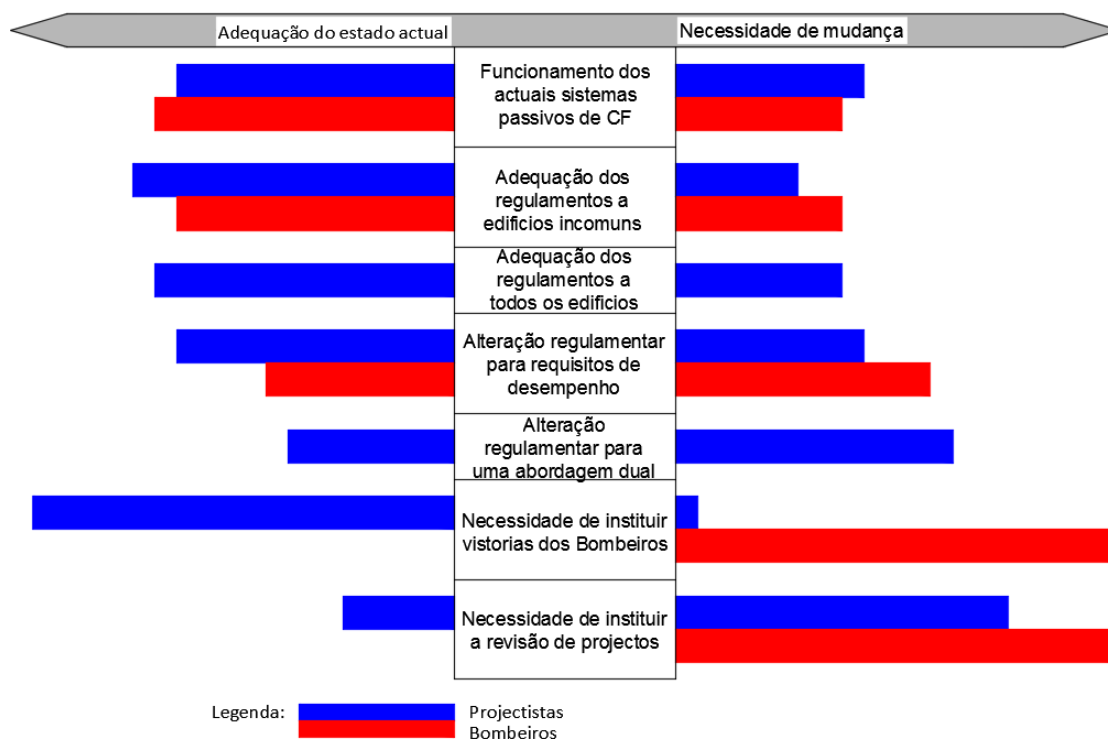


Figura 6 – Resultados das respostas de Projectistas e Bombeiros ao inquérito interpretados num contexto de necessidade de introduzir alterações

Adicionalmente foi possível obter as seguintes perspectivas:

- Vários dos bombeiros que afirmam ter conhecimento de que diversos sistemas actuais de desenfumagem passiva funcionam mal sustentam as suas opiniões em testes de fumo realizados;
- Para além da inadequação regulamentar e da má execução das obras, erros de projecto são apontados como a principal causa das insuficiências observadas nos sistemas;
- No caso particular dos edifícios de volumetria ou forma incomuns, a minoria de Bombeiros que considera o contexto regulamentar insuficiente fá-lo por identificar omissões na prescrição de critérios de projecto que pudessem ser aplicados para

garantir as boas condições de desenfumagem. A falta de atenção à envolvente e exposição das fachadas também foi frequentemente referida;

- Foi referida por alguns Bombeiros a percepção de que os sistemas de desenfumagem passiva actualmente dimensionados em conformidade com as regras vigentes poderão estar sobredimensionados;
- As opiniões favoráveis ao projecto baseado em requisitos de desempenho têm, tendencialmente, a perspectiva de que qualquer abordagem de cálculo será aceitável desde que se garanta a eficiente saída do fumo. Por outro lado, as opiniões contrárias têm associado o receio de que a comunidade técnica não seja generalizadamente capaz de produzir soluções satisfatórias caso a liberdade de projecto seja aumentada de uma forma significativa;
- A defesa da necessidade de retomar as vistorias por parte dos Bombeiros fundamenta-se na observação de evidentes incumprimentos dos requisitos regulamentares em diversos casos que chegaram ao conhecimento dos Bombeiros, informalmente ou no decurso de intervenções de combate a incêndio ao qual foram chamados. Adicionalmente, a ineficiência de algumas equipas de fiscalização e obras é também referida como motivo.

Importa realçar que as visões acima vertidas, às quais se deu a maior relevância, são, contudo, produto das respostas livres e comentários permitidos e encorajados nos inquéritos. Por esta razão entendeu-se não ser pertinente avançar com uma quantificação percentual dos interlocutores que subscreveram tais perspectivas, já que os demais podem também concordar ou, por outro lado, delas discordar sem que o tenham tomado a iniciativa de o expressar.

Num derradeiro comentário à Figura 6, com o intuito de comparar a diferença de perspectivas entre Projectistas e Bombeiros, pode agrupar-se as respostas em dois blocos. Num primeiro, que inclui o diagnóstico sobre a eficiência dos sistemas actuais e sobre a adequação regulamentar, há uma relação próxima entre as respostas dos dois grupos profissionais. Não obstante, é possível identificar, nos Bombeiros, um ligeiramente maior reconhecimento de necessidade de mudança das actuais circunstâncias, embora em ambos os grupos a opinião maioritária seja a da adequação do actual estado.

Num segundo bloco, referente às questões sobre a necessidade de implementação de meios adicionais de verificação dos projectos, a opinião dos dois grupos profissionais é

completamente díspar. Os Bombeiros são peremptórios a requerer a instituição desses novos mecanismos, mas os Projectistas são-lhes claramente adversos.

### 3.2.3. Perspectiva das Autoridades

A Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC) é um serviço central, da administração directa do Estado, sob tutela do Ministério da Administração Interna, responsável pelo planeamento, coordenação e execução da política nacional de protecção civil, tendo assumido a sua actual orgânica em 2007.

Da sua missão faz parte a prevenção e reacção a acidentes graves e catástrofes, a protecção e socorro das populações e a superintendência das actividades dos Bombeiros. Tratando-se da entidade responsável pelos diversos aspectos da Segurança Contra Incêndio em Edifícios, em Portugal, incluindo o registo e regulação dos intervenientes nesse domínio, impõe-se essencial a sua auscultação no âmbito do presente trabalho.

Neste contexto, são pertinentes as respostas extensas às questões, que permitem avaliar as linhas orientadoras actuais do Regulador e alvitar a receptividade às propostas que se pretende submeter à comunidade.

Entre as respostas recebidas pode salientar-se o reconhecimento de pontuais insuficiências na actual legislação prescritiva relativa a sistemas passivos de controlo de fumo que, contudo, se observa estabelecer critérios mínimos. A este respeito, referiu o interlocutor, o emprego generalizado de normativas internacionais (nomeadamente a já antiga norma francesa APSAD R17 [APSACI, 1980]) por parte dos projectistas, quando entendem ser necessário complementar as prescrições nacionais.

Os problemas reconhecidos ocorrem, geralmente, em edifícios de grande volumetria. Nestes, a admissão de ar pode ser defeituosa, fruto, principalmente, da multiplicidade de compartimentos interiores e aberturas na fachada, o que, associado às diferentes permeabilidades, configuram complexos sistemas aerodinâmicos com múltiplas variáveis dominantes.

As soluções sugeridas para os problemas conhecidos e para as insuficiências regulamentares no domínio da desenfumagem natural consistem num reforço dos meios de cálculo, sejam eles analíticos ou computacionais. Por esta razão, manifestou o representante contactado da Autoridade a concordância ao emprego de abordagens de cálculo com requisitos de desempenho e, conseqüentemente, também à possibilidade de o regulamento permitir, simultaneamente, as vias prescritiva e de cálculo com requisitos

de desempenho. De resto, foi sublinhado o conteúdo do artigo 14.º do RJ-SCIE que já permite o emprego de meios de cálculo alternativos, embora num âmbito ainda muito restrito.

Não obstante, foram enumerados diversos obstáculos que devem ser vencidos para a implementação de abordagens de cálculo. Devem ser abordagens holísticas e extensivas, que avaliem o funcionamento dos sistemas projectados ao longo do tempo e para os diversos cenários de fogo verosímeis. O cumprimento das condições de segurança deve ser total e incondicional. Ou seja, não será aceitável descartar situações de incumprimento com a alegação de uma menor probabilidade de ocorrência do cenário. Da mesma forma se entende que a utilização de medidas compensatórias (como é o caso da melhoria das condições de evacuação num determinado compartimento) em caso de incumprimento de requisitos não é aceitável.

Por fim, foi manifestada a concordância com as hipóteses de reinstituir as vistorias dos Bombeiros às construções bem como de instituir um sistema de revisão de projectos. Todavia, esta última hipótese, entende a Autoridade, requer a devida capacitação técnica de quem desempenhar essas funções.

#### 3.2.4. Conclusões

Uma análise cuidada ao disposto regulamentar supramencionado, devidamente complementada com a informação recolhida na comunidade técnica permitiu delinear as seguintes conclusões:

- O articulado regulamentar é, no que se refere ao dimensionamento de sistemas passivos de controlo de fumo, de carácter prescritivo, e por tal pouco abrangente a soluções incomuns;
- Tal natureza, embora seja benéfica para a uniformização de soluções, tem como principais óbices a desadequação a edifícios com características geométricas ou funcionais peculiares, bem como a omissão dos critérios de dimensionamento que se pretende garantir com as referidas prescrições;
- Este contexto dificulta ou impossibilita o desenvolvimento de soluções adaptadas às especificidades dos edifícios, bem como a avaliação do desempenho dos sistemas projectados em conformidade com o articulado regulamentar;
- Já existe cabimento regulamentar, nomeadamente no contexto da *perigosidade atípica*, para o desenvolvimento de soluções fora do âmbito prescritivo do RT-SCIE. Todavia, tais soluções, para além da óbvia necessidade de justificação técnica, ficam

ainda sujeitas à aprovação da ANPC. A questão coloca-se, pois, nos critérios que a justificação a prestar deve cumprir e evidenciar. Em consequência da ausência de critérios regulamentarmente estabelecidos, os projectistas não têm um objectivo a cumprir no dimensionamento nem critérios para o aferir, e a autoridade competente não tem uma forma objectiva de avaliar a solução que lhe é proposta. Mesmo concluída a virtude e a correcção dos métodos de cálculo empregues, a avaliação dos resultados será sempre subjectiva e incidirá sobre a admissibilidade de determinadas perdas económicas graves e até humanas em cenários mais ou menos extremos;

- Mesmo dentro do contexto prescritivo das regras do RT-SCIE, encontram-se requisitos para que determinados aspectos do dimensionamento sejam fundamentados por cálculo (nomeadamente a área total útil das aberturas para evacuação de fumo no contexto do ponto 7 do artigo 153.º). Admite-se que tal tipo de requisitos deveria estar enquadrado numa abordagem por requisitos de desempenho, desde que devidamente enquadrada com critérios de dimensionamento, deixando-se para a abordagem prescritiva a especificação de regras geométricas, em linha com o que sucede nos demais artigos;
- Apesar das limitações apontadas aos regulamentos vigentes, a maioria dos projectistas inquiridos não considera premente a necessidade de alterações profundas no conjunto regulamentar ou nos procedimentos de aprovação dos projectos e da execução dos sistemas, sendo a única alteração para qual há receptividade maioritária a instauração de uma abordagem dual prescritiva e por requisitos de desempenho no dimensionamento dos SCIE;
- Já na óptica dos Bombeiros, a instauração de regulamentos com uma abordagem por requisitos de desempenho é maioritária, embora divida opiniões. Por outro lado é consensual a necessidade de instituir instrumentos adicionais de validação dos projectos. Tais seriam as vistorias feitas pelos próprios Bombeiros, mas também a revisão de projectos por parte de outros projectistas;
- Não obstante se ter recolhido posições de técnicos da Autoridade Nacional de Protecção Civil que não vinculam a instituição, regista-se a concordância com a evolução regulamentar no sentido de permitir abordagens de cálculo devotas ao cumprimento de requisitos de desempenho, alternativas à via prescritiva. Adicionalmente, registou-se a posição favorável à reinstauração das vistorias

efectuadas pelos Bombeiros às construções, bem como a revisão de projectos de SCIE por parte de Projectistas credenciados para o efeito;

- Actualmente, já existe um enquadramento regulamentar para apreciação de projectos e para a execução de vistorias, sob as directrizes da ANPC, podendo essas acções ser executadas pela própria entidade reguladora ou por outra, à qual seja delegada a incumbência. Com efeito, qualquer alteração regulamentar que reforce a necessidade de tais diligências encontrará mecanismos instituídos para a sua materialização;
- Eventuais revisões dos regulamentos, nomeadamente do RT-SCIE, devem contemplar as especificidades dos projectos de reabilitação do edificado existente, incluindo as limitações à amplitude das intervenções legalmente imposta em edificado protegido.

Neste contexto justifica-se a necessidade de uma revisão aos regulamentos, nomeadamente ao RT-SCIE. Contudo, impõe-se a manutenção das estruturas regulatórias e regulamentares instituídas sendo, portanto, conveniente manter as demais disposições legais aplicáveis, bem como o papel das instituições envolvidas.

Alguns artigos do RT-SCIE devem merecer uma revisão, podendo o regulamento ser complementado em aspectos agora omissos.

A evolução do regulamento de uma abordagem prescritiva para outra baseada no desempenho seria um passo pouco consensual, na medida em que poderia impor exigências ao projecto para as quais os projectistas não estão preparados e resultar em soluções muito distintas, prejudicando também o trabalho dos Bombeiros. Resultaria espectável uma forte oposição da parte de diversos quadrantes.

Ao invés, e atendendo também à valiosa perspectiva transmitida pela Autoridade competente, alvitra-se a evolução para um regulamento dual como uma medida interessante e versátil, contemplando a diversidade das circunstâncias que os projectos devem servir, permitindo a inclusão de métodos, processos e equipamentos tecnicamente mais avançados e a criação de valor por parte dos projectistas habilitados, sem restringir o exercício da profissão nem onerar ou colocar em causa a segurança e a homogeneidade no dimensionamento de sistemas mais simples.

Do ponto de vista da validação dos sistemas projectados e construídos importa atender também aos argumentos apresentados pelos Bombeiros, dada até a sua fundamentação em testes executados em edifícios existentes. Todavia, importa que requisitos adicionais não imponham uma burocratização desnecessária do processo de dimensionamento de SCIE nem um sobrecurso expressivo no projecto ou construção.

#### 4. Proposta de Alteração ao Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndios em Edifícios e sua Validação

Decorre do diagnóstico efectuado no capítulo 1 a pertinência da propositura de alterações ao quadro regulamentar actual. Tais propostas são fundadas em normativas nacionais e internacionais, bem como de bibliografia especializada, conforme levantamento vertido nos pontos 2.5 e 2.6.

Foi tomada a opção de concentrar, num único capítulo, a explicação de cada proposta e a sua validação de encontro às práticas com sustentação bibliográfica. Esta opção visa garantir ao leitor uma leitura contínua do documento, porém tornará indistintos os passos da formulação da proposta e da sua sustentação, ora no contexto regulamentar português actual, ora nas normas e recomendações internacionais.

A validação das medidas que perfazem as propostas formuladas é feita a vários níveis. Em primeiro lugar é necessária uma validação no contexto regulamentar vigente, já que se pretende que as sugestões tenham condições para constituir uma alternativa válida sem que mudanças legislativas significativas e irrealistas careçam de ser aprovadas. Assim, as alterações propostas a cada um dos regulamentos não devem resultar numa incompatibilidade face aos demais documentos legais inalterados.

A outro nível, a validação de um quadro regulamentar pode apenas ser feito através da sustentação noutros regulamentos, cuja aplicação num período de tempo suficiente tenha granjeado a aprovação dos diversos intervenientes, bem como na fundamentação em bibliografia especializada, reputada e recente.

Importa observar que, por outro lado, a validação de um articulado regulamentar não poderá ser alcançada através da avaliação de situações isoladas ou da aplicação do regulamento a casos de estudo. A valia de tais abordagens é justificável para alertar para situações que careçam de resolução, bem como para ilustrar a aplicação das regras, mas a menos que realizada num vastíssimo número de situações e com uma abrangência bem planeada pode levar à conclusão sobre a bondade do regulamento. Por estas razões remete-se a aplicação das regras sugeridas para um capítulo ulterior, de natureza ilustrativa.

#### 4.1. Alterações às Regras Prescritivas Actuais

Em conformidade com as conclusões alcançadas em 3.2.4 e atendendo ao quadro regulamentar enquadrável são sugeridas, no âmbito do presente trabalho, as propostas seguidamente enumeradas. Optou-se por colocar a *itálico* a redacção da proposta, complementando-a, sempre que pertinente, com um texto explicativo.

- i. *A omissão de critérios e objectivos no disposto regulamentar do RJ-SCIE e RT-SCIE decorre no desconhecimento do nível de segurança conseguido pelo cumprimento do actual conjunto regulamentar. Entendendo que tal circunstância é contrária à clareza e transparência do projecto de SCIE e à coordenação das operações de combate a incêndios, sugere o presente ponto o estabelecimento de um conjunto de objectivos e critérios, claros e inteligíveis, que se considerem cumpridos aplicando a via prescritiva e sirvam de requisito para soluções distintas que não sigam a via prescritiva. Para além de uniformizar o nível de segurança independentemente da abordagem de dimensionamento, este preâmbulo lança as bases para um regulamento dual e evolutivo.*

*Sugere-se então que, o artigo 133.º do RT-SCIE seja complementado com a especificação dos critérios subjacentes (a a d)) a qualquer sistema de controlo de fumo.*

Esta abordagem tem paralelo nas especificações vertidas nas normas [IT246, 2004], [NFPA, 2018] e [BS7346, 2003], bem como nas recomendações dos documentos [Coté, Harrington, 2009], [SFPE, 2016] e [ASHRAE, 2012].

Face aos documentos consultados e a análise crítica que deles se fez, alicerçada em observações emitidas pelas entidades que representam os projectistas, decidiu limitar-se aos parâmetros mais relevantes e, sobretudo, que em conjunto perfaçam um quadro consistente, os requisitos de desempenho especificados na proposta de alteração regulamentar.

De acordo com a informação veiculada pelo capítulo português da SFPE, são também critérios pertinentes para a avaliação da sustentabilidade da evacuação a especificação de um alcance de visibilidade superior a 10 metros e de um teor de CO<sub>2</sub> na camada livre de fumo inferior a 1400 ppm. Todavia, não se inclui os

referidos no conjunto de requisitos de desempenho devido à sua redundância com os demais e ao facto de codificarem cenários de evacuação cujas condições já são garantidas com os outros requisitos, ainda que não sejam redundantes do ponto de vista físico. Cita-se [Ramos, Rodrigues, 2011] para referir a correlação entre a temperatura da camada de fumo e o fluxo radiante que, no caso de construções com um pé-direito corrente, se pode usar apenas um destes parâmetros para controlar ambos.

Acresce que se entendeu que a especificação de um conjunto demasiado alargado de critérios iria colocar em causa a aplicabilidade do regulamento.

*a) Capacidade de desenfumagem, em  $m^3/s$  por  $m^3$  de volume de construção ou em  $m^3/s$  por unidade de passagem (como já se estipula para sistemas activos), sob pressupostos estabelecidos para a temperatura e velocidade do ar admitido e do fumo expelido,*

O requisito aqui expresso é particularmente conveniente pela sua clareza e objectividade que permitem mitigar parte da subjectividade na execução e avaliação dos projectos de SCIE com a abordagem dos requisitos de desempenho. Todavia, face à actual multiplicidade de critérios referidos na bibliografia, decidiu deixar-se em aberto um conjunto de duas opções de limites em  $m^3/s$  por  $m^3$  de volume de construção ou em  $m^3/s$  por unidade de passagem.

A primeira opção é mais inteligível, todavia a segunda poderá integrar-se melhor na actual filosofia dos Regulamentos portugueses. Por exemplo, no RT-SCIE, para meios activos, especifica-se que o caudal entre uma boca de admissão (passiva) e de uma de extracção deve ser igual ou superior a  $0.5 m^3/s$  por UP [RT-SCIE, 2008]. Adicionalmente, o caudal de extracção deve ser de 1.3 vezes o caudal de admissão (o que só pode ser garantido com admissão e extracção activas, já que no caso passivo o sistema auto-regula-se equilibrando admissão, extracção e alterações ao volume e pressão dos gases decorrente da evolução do incêndio).

Outra limitação a ter em conta é a constante na recomendação francesa [IT246, 2004], de que a velocidade de evacuação do fumo deve limitar-se a 5 m/s.

*b) Altura livre de fumo (sugere-se não menos que 2.0 m, excedendo, também a altura máxima da face inferior dos lintéis),*

A recomendação francesa [IT246, 2004], no seu capítulo 8 “Prescrições relativas às abordagens de Engenharia de Desenfumagem” especifica que “a altura livre de fumo deve ser sempre superior à altura dos lintéis das portas e jamais inferior a 1.80 m”.

Já em conformidade com as resenhas apresentadas em [Ramos, 2012], [Ramos, 2016] e [Ramos, Rodrigues, 2011], uma das condições necessária para avaliar uma evacuação segura dos ocupantes, é a de que o sistema de controlo de fumo deverá garantir que a altura da camada de fumo excede os 2.0 m.

Face ao exposto, e à altura corrente dos lintéis das portas, optou-se pela sugestão do valor de 2.0 metros.

*c) **Máximo fluxo de calor** a que os ocupantes em fuga serão sujeitos (sugere-se não mais de 2.5 kW/m<sup>2</sup>) e*

A recomendação francesa [IT246, 2004] estabelece, no seu capítulo 8, que o fluxo de calor a que as pessoas serão sujeitas deve ser suportável, sem o quantificar. Uma valoração de tal requisito encontra-se em [Ramos, 2016] e [Ramos, Rodrigues, 2011], onde se indica que o sistema de controlo de fumo deve proteger os ocupantes da exposição prolongada a um fluxo de calor radiante superior a 2.5 kW/m<sup>2</sup>.

*d) **Temperatura máxima** na altura livre de fumo (sugere-se não mais de 60°C).*

São correntemente aceites ([Ramos, 2016] e [Ramos, Rodrigues, 2011]) os valores limite de 200 °C para a temperatura da camada de fumo e de 60 °C para a temperatura na camada livre de fumo.

*Todos estes critérios deverão ser cingidos a um **período de tempo** adequado, a especificar, bem como para cada **tipo de ocupação**.*

A norma norte-americana NFPA101 Life Safety Code [NFPA, 2018] especifica, sob a égide da “Protecção dos ocupantes” no seu capítulo 4, que os requisitos da garantia das condições necessárias à evacuação dos ocupantes, bem como as condições de segurança estrutural da construção, devem ser assegurados “pelo tempo necessário para os evacuar, relocar ou defender”.

*Mais se sugere que, para o cumprimento das condições supramencionadas, no caso de não se optar pela via das disposições prescritivas, seja admitido o recurso ao uso de sprinklers.*

O uso de sprinklers pode alcançar, em determinadas circunstâncias, o cumprimento de requisitos de desempenho de uma forma redundante ao que se obtém com o controlo de fumo. Entre eles encontram-se a diminuição da temperatura, a diminuição do volume de fumo gerado e a minimização da propagação [Hoare, 2006], [Ramos, 2012], [Ramos, 2016]. Com efeito, numa abordagem em que o cumprimento dos requisitos de desempenho é assegurado com cálculo entende-se pertinente possibilitar ao Projectista usar todos os recursos que possam conduzir a sistemas mais eficientes, seguros e económicos.

*Todavia, admite-se a hipótese de suprimir o critério a) da pretérita lista, já que a sua inclusão se destinou a provir uma referência para a eficiência do sistema de desenfumagem, sendo os restantes três critérios aqueles que, em conjunto, garantem a possibilidade de evacuação dos ocupantes do edifício sinistrado.*

*Adicionalmente, devem ser incorporados os parâmetros estatísticos que quantifiquem, de uma forma clara e inequívoca, o nível de incerteza assumido para cada um dos requisitos a) a d) (por exemplo, uma probabilidade de incumprimento inferior a  $10^{-4}$  num período de referência igual à vida da construção). Esta informação é crucial para que os cálculos a executar, na via dos requisitos de desempenho, sejam afectados por coeficientes de segurança pertinentes, no caso de as análises serem de índole determinística, ou para que a quantificação explícita das incertezas, em análises probabilísticas, observem limites claros a cumprir. Se assim não for feito, o cumprimento incondicional de um objectivo poderia ser inalcançável, já que há uma incerteza não despreciada associada às variáveis de cálculo, bem como aos métodos empregues.*

O valor considerado para a quantificação da medida plausível do incumprimento dos requisitos estabelecidos seguiu as opções plasmadas na norma NP EN1990 [IPQ, 2009a]. Nela, tal valor é indicado como a probabilidade alvo para o incumprimento das condições de segurança de uma construção cujas consequências humanas da sua falência sejam médias (Classe CC2 e consequente classe de fiabilidade RC2), ao longo de um período de referência de 50 anos, para o qual o índice de fiabilidade alvo é de 3.8.

A este respeito importa salientar que os cálculos de Engenharia que não sigam regras prescritiva devem necessariamente ter um nível de fiabilidade associado [Montgomery, Runger, 2003]. Caso contrário, dada a incerteza dos dados de bases e dos procedimentos de cálculo não seria possível garantir que os objectivos (parâmetros) do cálculo seriam cumpridos sem admitir uma margem de tolerância. Por outro lado, a não especificação destes limites poderia conduzir ao uso de valores médios ou característicos nos cálculos, independentemente de estes incorrerem em incertezas muito significativas.

A sugestão explanada implica introduzir alterações o artigo 133.º do RT-SCIE. Tais alterações não são contrárias aos restantes artigos da Portaria n.º 1532/2008. No que ao restante conjunto normativo português diz respeito é pertinente analisar o RJ-SCIE (na sua redacção conferida pelo Decreto-Lei n.º 220/2008 e alterada pelo Decreto-Lei n.º 224/2015). Aferiu-se a consistência destas disposições legais com as alterações sugeridas à Portaria n.º 1532/2008, nomeadamente no que diz respeito ao seu artigo 14.º. A este respeito, considera-se que a sugestão em análise excede, no seu âmbito, os limites delineados pela classificação em edifícios e recintos de perigosidade atípica. Com efeito, a sugestão do ponto i requer, para produzir efeitos, uma alteração à redacção do art.º 14 do RJ-SCIE. Uma possibilidade é a aventada em ix, de forma a instituir a dualidade nas abordagens de dimensionamento, com a via prescritiva e a via da verificação dos requisitos de desempenho.

Não se encontram incompatibilidades com demais documentos legais portugueses vigentes nem se considera necessária a supressão ou a alteração de outras normas em vigor.

- ii. *Relativamente ao artigo 139.º do RT-SCIE, no qual se aborda a determinação das áreas úteis de entradas de ar e de saídas de fumo, sugere-se que a menção à Norma Europeia EN 12101-2:2003 seja rectificadada para obrigar ao uso da Norma Portuguesa sua correspondente, quando emitida e sempre que actualizada ou, no caso da continuação da inexistência desta tradução, as sucedâneas normas europeias.*

Esta sugestão tem como objecto o artigo 139.º do RT-SCIE, cingindo-se à referência a uma norma europeia, de forma a acautelar as futuras transposições da mesma para o Direito nacional, bem como às futuras revisões da norma (na sua redacção europeia ou portuguesa) sem que haja necessidade de continuamente actualizar o RT-SCIE.

Não se encontram incompatibilidades com demais documentos legais portugueses vigentes, até porque ainda não existe a norma portuguesa correspondente à norma europeia EN 12101-2:2003 [CEN, 2003], nem se considera necessária a supressão ou a alteração de outras normas em vigor.

- iii. *Sugere-se a transposição do ponto 5 do artigo 142.º do RT-SCIE para o contexto da abordagem com requisitos de desempenho. Com efeito, já o número anterior (4) do referido artigo indica uma regra, prescritiva, para o comprimento dos ramais horizontais de ligação à conduta colectora vertical. O presente número (5) consiste numa alternativa, fundada sobre cálculos para os quais são dadas condições iniciais, mas não os objectivos que se pretende lograr ou as demais condições. Trata-se de uma aplicação isolada de projecto sob requisitos de desempenho que é pertinente num contexto mais alargado de projecto. Nos termos actuais é uma disposição regulamentar que dá origem à incerteza na comunidade técnica, o que tende à subjectividade da sua aplicação.*
- Esta sugestão consiste na transposição de uma disposição conducente ao cálculo explícito das soluções de desenfumagem passivas, da parte do articulado que se mantém prescritivo para a nova secção referente à abordagem com requisitos de desempenho. As alterações ficam cingidas ao RT-SCIE, não se afirmando contrárias às demais, do Regulamento, nem contrariando disposições do restante conjunto normativo português.

*As condições expressas, nomeadamente a temperatura do ar admitido ( $T_{ar}=15^{\circ}C$ ) e fumo expelido ( $T_{fumo}=70^{\circ}C$ ), bem como a velocidade do vento exterior ( $v_{ar}=0$ ), não devem ser específicas apenas para este cálculo, como a actual redacção prescreve, mas os valores especificados para o contexto em que todo o edifício se insere e que o projecto, na sua totalidade, deve respeitar.*

*Em qualquer caso, até porque a prescrição supramencionada tem inspiração na normativa francesa IT246 [IT246, 2004], sugere-se a revisão da temperatura do*

*ar admitido para as condições meteorológicas portuguesas, independentemente da posição em que tais valores sejam indicados numa revisão do RT-SCIE (observar i a esse respeito). Assim, sugere-se que a adopção das temperaturas contemple as condições de verão (nas quais o menor diferencial térmico prejudica a desenfumagem) e as diferenças regionais. Para o efeito, alvitra-se o uso do zonamento térmico expresso na norma portuguesa NP 1991-1-5:2009 [IPQ, 2009]*

A substituição, proposta, de valores numéricos especificados no número em discussão, para valores especificados numa norma portuguesa vigente (NP 1991-1-5:2009, que constitui a parte 1-5 do Eurocódigo estrutural 1, na sua redacção portuguesa) enquadra-se no quadro regulamentar técnico nacional, ainda pendente de ratificação por parte da Assembleia da República.

- iv. *O artigo 149.º do RT-SCIE estabelece que o uso, alternativo, de instalações de desenfumagem activa em pátios interiores está condicionado à obtenção de “resultados equivalentes” aos logrados pelos sistemas passivos. Entende-se que, tal prescrição, no actual contexto do RT-SCIE, não é precisa nem explícita. Com efeito, sublinha-se, assim, a necessidade de especificar os requisitos a respeitar pelos sistemas dimensionados independentemente de a abordagem seguida ser prescritiva ou de cálculo. No contexto já proposto em i, sugere-se que este número e artigo remetam directamente para a especificação a inserir no artigo 133.º do RT-SCIE.*

Esta sugestão remete para as alterações impressas pela alteração descrita em i, não havendo, portanto, mais observações a fazer.

- v. *No número 1 do artigo 153.º do RT-SCIE estabelece-se que, nas instalações de desenfumagem passiva, as aberturas para admissão de ar devem situar-se o mais baixo possível, em zona livre de fumo, e que as aberturas para evacuação de fumo devem situar-se o mais alto possível, em zona totalmente enfumada. No actual contexto prescritivo, não é possível seguir a prescrição na sua plenitude, já que não é possível determinar a altura da zona enfumada. Para o fazer, o projectista teria que empreender cálculos específicos, que requereriam o estabelecimento de premissas, as quais não constam no regulamento.*

*Observando as sugestões anteriores, nomeadamente a i, é possível afirmar que, desde logo, a altura mínima (da aresta inferior da abertura) para a saída de ar será, pelo menos, a indicada no ponto b) da mesma. Contudo, outras condições se devem somar. Num contexto de regulamento dual, há que separar as vias prescritiva e por requisitos de desempenho. No segundo caso é perfeitamente legítima a prescrição actual, devendo tais localizações ser justificadas com cálculo das alturas enfumadas, nas condições regulamentares. Todavia, no caso da via prescritiva, a condição de as aberturas se localizarem nas zonas comprovadamente livre de fumo e enfumada dificilmente será assegurada. Sugere-se a manutenção da indicação de que as aberturas se localizem o mais abaixo e o mais acima possível, respectivamente, devendo o regulador equacionar a imposição de uma altura máxima e uma altura mínima. Neste último caso, sugere-se a permissão do não cumprimento pontual do especificado quando a geometria da construção não o permitir, ficando o juízo da justeza da excepção a cargo da ANPC, na avaliação do projecto que é de lei, devendo o projectista alertar para tal circunstância explicitamente no termo em que relata o cumprimento das normas vigentes.*

Está em causa uma clarificação do Regulamento, o que não se traduz numa incompatibilidade com disposições legais diferentes daquela em apreço. Todavia, a delegação na ANPC da deliberação sobre situações de excepção em que o não cumprimento de uma determinada especificação – previamente identificada pelo Regulador nesse sentido – decorre numa transferência de responsabilidade, do Regulamento para a Autoridade. Entende-se que tal circunstância é perfeitamente legítima e não se constituiu como uma modificação sensível à orgânica actual, pois não soma competências àquelas que a ANPC já detém e para as quais está devidamente habilitada, quer no quadro legal, quer no quadro técnico. Não obstante, alerta-se para a necessidade de as deliberações da Autoridade se manterem consistentes com as suas publicações na matéria, nomeadamente [ANPC, 2010a].

- vi. *A limitação no conjunto normativo vigente mais profusamente referida pelos projectistas de SCIE inquiridos reside no cálculo da área útil das aberturas de evacuação de fumo (e por inerência, de admissão de ar fresco, dada a sua relação expressa no regulamento). Com efeito e não obstante se tratar,*

*actualmente, de um regulamento de índole prescritiva, refere o número 7 do artigo 153.º que tal área total útil deve ser objecto de cálculo devidamente fundamentado. Neste contexto, tal cálculo é dificilmente realizável porque não se estabelecem as premissas iniciais nem os objectivos a cumprir.*

Da vacuidade regulamentar frequentemente decorre a opção dos projectistas de valores constantes, habituais ou convencionais, como é a regra empírica (constante em regulamentos anteriores) de 0,50% da área interior do local. [Neves, 2004]

*Nas aludidas circunstâncias entende-se premente rever este artigo fornecendo, para a via prescritiva, uma quantificação para a área de evacuação necessária. Ao invés de especificar um valor constante, como o supramencionado, propõe-se a adopção de uma formulação adaptada da expressa na recomendação francesa IT 246 [IT246, 2004], da qual uma parte significativa do RT-SCIE já é plasmada, na actualidade.*

*Assim, a área útil das aberturas de evacuação de fumo ( $a_{\%}$  em percentagem da área do local, em planta) será dada pelas expressões (8), (9), (10), (11) e (12), [IT246, 2004] conforme se trate dos agrupamentos de Utilizações Tipo 1, 2 e 3.*

*Agrupamento 1, com  $L \leq 6.770$  m:*

$$a_{\%} = 0.0585 L^{1.5} / e^{0.5} \quad (8)$$

*Agrupamento 1, com  $L > 6.770$  m:*

$$a_{\%} = 0.002688 (L+4.5)^{2.5} / e^{0.5} \quad (9)$$

*Agrupamento 2, com  $L \leq 9.575$  m:*

$$a_{\%} = 0.0827 L^{1.5} / e^{0.5} \quad (10)$$

*Agrupamento 2, com  $L > 9.575$  m:*

$$a_{\%} = 0.002688 (L+6.364)^{2.5} / e^{0.5} \quad (11)$$

*Agrupamento 3:*

$$a_{\%} = 0.1170 L^{1.5} / e^{0.5} \quad (12)$$

*Nestas expressões, as grandezas envolvidas são o pé-direito médio do compartimento ( $H$  em metros), a espessura da camada de fumo ( $e$ , em metros) e a altura livre de fumo ( $L=H-e$ ). Sugere-se, na proposta i, a imposição do valor  $L$*

como requisito de desempenho, sendo  $H$  uma propriedade geométrica da construção.

Nos cálculos supramencionados considera-se o valor de  $e$  limitado a  $H/2$  [IT246, 2004]. Ou seja, a altura livre de fumo,  $L$ , será sempre igual ou superior a metade do pé-direito médio do compartimento.

Sugere-se que as UT definidas no RJ-SCIE ([RJ-SCIE, 2008] e adenda [DL224, 2015]) sejam agrupadas conforme a Tabela 4.

Tabela 4 – Agrupamentos de UT propostos para a aplicação da formulação conducente à determinação da área das aberturas de evacuação de fumo

<i>Agrupamento</i>	<i>UT</i>
<i>1</i>	<i>TIPO I (Habitacionais)</i> <i>TIPO II (Estacionamentos)</i> <i>TIPO III (Administrativos)</i> <i>TIPO IV (Escolares)</i> <i>TIPO V (Hospitalares e lares de idosos)</i> <i>TIPO VII (Hoteleiros e restauração)</i> <i>TIPO IX (Desportivos e de lazer)</i> <i>TIPO X (Museus e galerias de arte)</i>
<i>2</i>	<i>TIPO VI (Espectáculos e reuniões públicas)</i>
<i>3</i>	<i>TIPO VIII (Comerciais e gares de transportes)</i> <i>TIPO XI (Bibliotecas e arquivos)</i> <i>TIPO XII (Industriais, oficinas e armazéns)</i>

A presente sugestão pretende conferir um racional analítico ao dimensionamento das aberturas adequadas ao bom funcionamento dos sistemas passivos de desenfumagem.

Nela, as expressões (8), (9), (10), (11), (12) são análogas ao estabelecido em [IT246, 2004], tendo sido implementadas a incorporação de uma formulação analítica para os tipos de incêndio pertinentes para cada caso e a especificação da superfície do fogo, bem como as relações geométricas que traduzem a verosimilitude na relação entre o pé-direito da construção e a espessura da camada de fumo.

No estabelecimento dos agrupamentos de situações em função da caracterização do incêndio verosímil empreendeu-se uma comparação entre as Classes de [IT246, 2004] e as Utilizações-Tipo do RJ-SCIE [RJ-SCIE, 2008], na medida em que estas últimas poderão ser usadas, por já estarem definidas na regulamentação portuguesa. A materialização desse desiderato teve como óbice o âmbito limitado de [IT246, 2004].

Na verdade, no contexto francês, a norma IT 246 [IT246, 2004] cinge-se a edifícios que recebem público. Para as demais construções são aplicáveis normas anteriores, como o Código do Trabalho ou a norma NF 1510/APSAD R17 da “Assemblée Plénière des Sociétés d’Assurances contre l’incendie et les risques Divers” [APSACI, 1980]. Na primeira estabelece-se que a área das saídas de fumo deve ser de, pelo menos, 1% da área do local a desenfumar, sendo as aberturas de saída em número não menor que uma por cada 300 m<sup>2</sup> de área do local. Em [APSACI, 1980] requerem-se aberturas de saída em número não menor que uma por cada 250 m<sup>2</sup> de área do local. No caso de edifícios afectos a actividades industriais, o dimensionamento das aberturas para a desenfumagem passiva baseia-se em pressupostos de risco. Considera-se o risco do incêndio relacionado com natureza da actividade exercida ou das mercadorias contidas, definindo-se duas classes de risco. Trata-se dos Riscos Correntes (com as categorias RC1, RC2, RC3, RC3S) e dos Riscos Muito Perigosos (com as categorias RMP A1, RMP A2 e RMP A3 para fabrico RMP B1, RMP B2, RMP B3 e RMP B4 para armazenamento). Adicionalmente, definem-se os grupos de risco GR1, GR2, GR3, GR4, GR5, GR6, GR7.

A Tabela 5 estabelece a comparação entre as classes de [IT246, 2004] e os agrupamentos da sugestão elaborada.

Tabela 5 – Agrupamentos de Utilizações-Tipo propostos e sua comparação com as Classes da IT 246

Proposta		IT 246	
Agrupamento 1	Habitacionais Estacionamentos Administrativos Escolares Hospitalares e lares Hoteleiros e restauração Desportivos e de lazer Museus e galerias de arte	Classe 1	Acolhimento para idosos e deficientes; Salas de conferências, de reuniões, de projecção, teatros; Restaurantes, cafés, bares; Hotéis; Habitações colectivas; Salas de jogos. Instituições de ensino; Estabelecimentos de saúde; Estabelecimentos de culto; Administrativos, Escritórios; Instalações desportivas cobertas; Museus;
Agrupamento 2	Espectáculos e reuniões públicas	Classe 2	Salas de concertos com área panorâmica integrada com a categoria Mo ou M1; Salas polivalentes; Cabarés; Salões de dança;
Agrupamento 3	Comerciais e gares de transportes Bibliotecas e arquivos	Classe 3	Salas de concertos com uma área de palco integrada com decoração em madeira M2 ou M3;

Proposta		IT 246	
	Industriais, oficinas e armazéns		Lojas, <i>Shoppings</i> ; Bibliotecas e Arquivos; Salões e <i>Showrooms</i> ;

Observa-se uma divergência nos agrupamentos 1 e 3, que traduz a inclusão das UT de “Estacionamentos, Comerciais e gares de transportes e Industriais, oficinas e armazéns”. Tal circunstância é produto da já explicada limitação do âmbito da recomendação francesa [IT246, 2004]. O modo encontrado para garantir, na proposta elaborada, o cumprimento de todo o espectro de utilizações definido na regulamentação portuguesa vigente foi o de estudar as características da verosimilitude dos incêndios conforme definidos nas três classes de [IT246, 2004], atendendo a aspectos como a carga de incêndio. Posteriormente, e já com auxílio do restante quadro normativo francês [APSACI, 1980], enquadrou-se as UT definidas no RJ-SCIE nos agrupamentos, em função da verosimilitude aos cenários e consequências de incêndio que estes pretendem definir. Sem embargo do pretérito, trata-se de um aspecto para o qual deverão ser empreendidos estudos mais aprofundados que, com simulações numéricas, permitam calibrar os parâmetros de cálculo estipulados para cada agrupamento face às características de todas as UT definidas no RJ-SCIE.

Importa, por fim, referir que a presente proposta constitui uma alteração significativa ao RT-SCIE que pretende suprimir uma actual incompletude. Por ter como objecto uma disposição que, se entende, carece de complementaridade não entrará o texto sugerido em contradição com o existente nem com o texto sugerido nas pretéritas sugestões (nomeadamente i, com a qual foi articulado). Adicionalmente, refere-se que a caracterização dos agrupamentos de situações em que se sugere diferente formulação respeitou as definições de [RJ-SCIE, 2008] e adenda [DL224, 2015] sendo, portanto, consistente com as normativas específicas em vigor.

- vii. *Relativamente ao número 6 do artigo 156.º do RT-SCIE, “(no posicionamento dos vãos de fachada deve ter-se em conta a eventual acção do vento, dispondo-os de forma a permitirem o varrimento das vias horizontais de evacuação por acção das diferenças de pressão estabelecidas pelo vento em fachadas*

diferentes)” importa esclarecer que acções se pretende requerer aos projectistas com a redacção “**deve ter-se em conta**”.

No actual contexto normativo, esta prescrição, por não ser objectiva, é frequentemente negligenciada. Com efeito, sugere-se que, na via prescritiva do regulamento, se requeira que:

*Os vãos de fachada sejam posicionados, complementarmente e com possibilidade de obturação, em fachadas geometricamente opostas, a menos das fachadas que sejam apenas a outras construções. Deste modo, pretende acautelar-se as situações em que, por acção do vento, se originem fenómenos de sobrepressão e subpressão nas fachadas, o que neste último caso inviabiliza a eficiente admissão de ar. No caso de as aberturas para extracção de fumo se situarem nas fachadas, também estas devem ser duplicadas, de modo a precaver a existência de sobrepressões que se oponham à saída do fumo [SFPE, 2016], [Gomes, 2005], [Pignatta e Silva et al, 2008].*

Nesta primeira parte da sugestão de alteração, logrando um incremento à regra enunciada num artigo do RT-SCIE, não se identificam incompatibilidades com demais artigos do referido ou outros Regulamentos.

*Já na via do cálculo por requisitos de desempenho entende-se que esta duplicação será injustificada e contrária à optimização que o método permite. Assim, propõe-se a seguinte prescrição:*

*No posicionamento dos vãos de fachada deve ter-se em conta a acção do vento. Para o efeito, as acções do vento devem ser determinadas em conformidade com a regulamentação portuguesa vigente para o projecto de estruturas sob as acções do vento – NP EN1991-1-4:2010 [IPQ, 2010] ou posterior – atendendo necessariamente à orografia do local, aos efeitos (de sombreamento e amplificação aerodinâmica) impostos pelas construções vizinhas, existentes e prospectivas e às diferenças observadas nas direcções e sentidos dos ventos registados – para a determinação dos quais devem ser consultados os dados disponibilizados pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA). Nos cálculos efectuados devem ser excluídos os efeitos da pressão interior devida à permeabilidade da construção exposta ao escoamento exterior, dada a sua incerteza espacial e temporal, mas pode ser considerado o incremento de pressão interior devido ao próprio incêndio.*

Desta proposta faz parte a aclaração das regras geométricas conducentes à minimização dos efeitos do vento na tiragem passiva do fumo. A sugestão de posicionamento dos vãos de fachada tem em conta os fenómenos globais e locais de sobre e subpressões nas fachadas das construções e decorre das especificações da norma NP EN1991-1-4:2010 [IPQ, 2010].

De resto, a mesma preocupação é vertida no ponto 6.1 de [IT246, 2004] que, embora semelhante e precursora da redacção do RT-SCIE, a excede na especificidade das relações geométricas e de onde se destaca a disposição alternada das aberturas.

Nesta segunda parte da proposta, devota à via do dimensionamento por requisitos de desempenho, à qual se junta a análise da sugestão xi, observa-se, naturalmente, a dependência do estabelecimento da admissibilidade de tal via no RT-SCIE, bem como no RJ-SCIE, tratadas em outras sugestões também analisadas neste texto. Todavia, é ainda pertinente analisar o enquadramento do uso de normativas complementares, invocada no ponto em análise. De facto, sugere-se o emprego da parte 1-4 do Eurocódigo estrutural 1, na sua redacção portuguesa actual ou ulterior. Não obstante também esse documento se encontrar, ainda, pendente de ratificação por parte da Assembleia da República, é já hoje o documento nacional que melhor permite quantificar as acções do vento em território nacional, sendo emitido por uma entidade técnica competente para o efeito (IPQ). Deste modo considera-se que a sugestão efectuada não contraria o Direito vigente em Portugal.

- viii. *Relativamente ao número 7 do artigo 156º do RT-SCIE, sugere-se a revisão da proibição de as condutas verticais para evacuação de fumo servirem mais do que cinco pisos sucessivos. Com a actual redacção as condutas poderão servir um número ilimitado de pisos, desde que não mais que cinco deles sucessivos. Propõem-se a seguinte redacção:*

*Não é permitido efectuar ligações a uma mesma conduta vertical destinada a evacuação de fumo por meios passivos em mais do que cinco pisos. Adicionalmente, todos os pisos ligados a uma determinada conduta vertical devem ser sucessivos.*

Na elaboração desta proposta foi tido em conta o articulado da redacção da recomendação francesa IT 246 [IT246, 2004].

Por fim, observa-se que esta sugestão está cingida à clarificação de um ditame do actual articulado do RT-SCIE que tem dado azo a interpretações díspares e, considera-se, divergentes do objectivo do Legislador. O seu esclarecimento não colide nem se articula com outras regras que constituem o Regulamento em que se insere nem outros Regulamentos portugueses vigentes.

#### 4.2. Um Regulamento Dual com Abordagens Prescritiva e com Requisitos de Desempenho

Justificada pelo estudo, pesquisa e discussão empreendidas no âmbito do presente trabalho entende-se pertinente a sugestão de uma alteração regulamentar que permita que o projecto de SCIE possa ser elaborado sob a óptica dos requisitos de desempenho, sem se prescindir da actual abordagem prescritiva nos vastos casos em que ela se justifica. Importa reiterar que a propositura de uma abordagem com requisitos de desempenho depende do estabelecimento prévio dos critérios que os sistemas dimensionados devem cumprir, e que é independente da abordagem empreendida, conforme melhor explicitado em 4.1. De resto, sem tais critérios definidos, não é sequer possível ilustrar a aplicação da abordagem com requisitos de desempenho, já que não há requisitos definidos com os quais comparar os resultados obtidos.

Os próximos parágrafos traduzem, da forma mais resumida e concisa, os aspectos desta abordagem dual, bem como a sua validação.

- ix. *Na sequência do disposto na pretérita sugestão i, propõe-se a criação de um artigo adicional no RT-SCIE, conjugado com o artigo 14.º do RJ-SCIE, que materialize a permissão do emprego de abordagens de dimensionamento por requisitos de desempenho. Sugere-se, portanto, o seguinte texto regulamentar a incrementar ao RT-SCIE, num novo artigo:*

***Requisitos de desempenho para o dimensionamento de sistemas passivos de controlo de fumo através de uma abordagem de cálculo***

*Como alternativa à via prescritiva para o dimensionamento de sistemas passivos de controlo de fumo, expressa nos artigos 134.º a 142.º, 148.º a 153.º, 155.º, 156.º, 159.º e 160.º do presente Regulamento permite-se o emprego de uma abordagem de cálculo (projecto baseado no desempenho).*

*Os requisitos a cumprir com o sistema de extracção de fumo dimensionado nesta abordagem de cálculo são os expressos no artigo 133.º deste Regulamento.*

*Sublinha-se que tais requisitos se aplicam a todas as partes do edifício em que a ocupação humana é possível.*

*Esta abordagem de Engenharia deve permitir simular a evolução do incêndio e da geração e propagação do fumo no tempo, bem como o seu controle por sistemas de tiragem natural. Deve necessariamente incluir:*

*- Uma apresentação exaustiva de todos os pressupostos, parâmetros e dados quantitativos utilizados. Os dados conducentes à descrição matemática do incêndio e do comportamento humano devem ser acompanhados das referências utilizadas para a sua definição e o seu grau de conservadorismo ou probabilidade de excedência ou não excedência na vida útil da estrutura devem ser indicados;*

*- Todos os pressupostos e parâmetros de cálculo devem ser consistentes entre si;*

*- A realização de simulações demonstrando um controle satisfatório do fumo conforme os requisitos de desempenho definidos;*

*- Uma apresentação dos resultados da simulação e conclusões sobre a eficácia dos sistemas de controlo de fumo.*

*Devem ser considerados, pelo menos, os seguintes cenários de incêndio:*

*- Cenário-Tipo 1: Neste cenário o incêndio deve ser modelado com as características mais verosímeis para a ocupação projectada do edifício, em conformidade com as normas portuguesa ou internacionais, quando aplicável, ou baseado em dados estatísticos, ou bibliografia relevante. Devem ser tidos em conta as actividades a ser exercidas no espaço, o número e localização dos ocupantes, a dimensão das divisões, o conteúdo, mobiliário e materiais não estruturais, as características dos combustíveis e as fontes de ignição, bem como as condições de ventilação.*

*- Cenário-Tipo 2: Neste cenário considerar-se-á um incêndio de desenvolvimento mais rápido, localizado no principal caminho de evacuação, numa situação em que as portas interiores se encontram abertas. O objecto deste cenário é a avaliação da redundância na capacidade de evacuação.*

- *Cenário-Tipo 3: Neste cenário um incêndio de dimensões e desenvolvimento verosímeis é despoletado numa divisão desocupada, evoluindo até colocar em risco um número elevado de ocupantes de áreas contíguas, num estágio mais evoluído do incêndio simulado.*

- *Cenário-Tipo 4: Neste cenário o incêndio é originado num espaço confinado, como por exemplo sobre um tecto falso ou numa área circunscrita. Com este cenário pretende avaliar-se a evolução de um incêndio, num compartimento profusamente ocupado, sem possibilidade de detecção precoce.*

- *Cenário-Tipo 5: Neste cenário deve simular-se um incêndio de desenvolvimento lento, afastado dos sistemas de detecção e protecção de incêndio, em áreas de grande ocupação. Com este caso pretende precaver-se a hipótese de uma fonte de ignição pouco significativa dar origem a um incêndio expressivo.*

- *Cenário-Tipo 6: Neste cenário considera-se o incêndio mais severo possível, resultante da ignição da maior carga de incêndio prevista para uma situação de operação corrente do edifício.*

- *Cenário-Tipo 7: Neste cenário considera-se a existência de um incêndio numa localização externa ao edifício, como uma construção contígua, que ao primeiro se propaga.*

- *Cenário-Tipo 8: Neste cenário é simulada a ocorrência de um incêndio originário em combustíveis comuns e restantes condições conforme mais provável observando-se, contudo, que o sistema passivo de desenfumagem se encontra localmente comprometido. Com efeito, pretende avaliar-se as condições de redundância dos dispositivos e de fiabilidade dos sistemas.*

*Cada um destes Cenários-Tipo pode dar origem a vários casos de cálculo distintos, contemplando assim a dispersão física dos locais em que os incêndios podem conduzir ao incumprimento dos requisitos de desempenho.*

*As características do sistema de extracção de fumo não tidas em conta no projecto baseado no desempenho (em especial as características dos equipamentos utilizados) devem estar em conformidade com as demais disposições do Regulamento. As autoridades competentes podem exigir a implementação de testes in-situ para validar as características dos sistemas propostos.*

A sugestão explanada nos pretéritos parágrafos foi concebida após um estudo aprofundado das normas francesas, norte-americanas e britânicas, tendo sido procurados, igualmente, documentos que relatassem a experiência da aplicação das aludidas. É o caso de [Kruppa, Joyeux, 1998], [Wolski et al, 2000], [Kruppa et al, 2006], [Kruppa, Sedlacek, 2008], [Croce et al, 2008], [Ramos, Rodrigues, 2011] e [SFPE, 2015], nos quais se sistematiza a aplicação de normas baseadas em requisitos de desempenho na Noruega (Dual), Holanda (Dual), Suécia (Dual), Dinamarca (Dual), Reino Unido (Requisitos de Desempenho) e França (Dual, geralmente prescritiva com algumas exceções, nomeadamente no controlo de fumo).

Fundamentada nas pretéritas, a sugestão redigida tem como aspectos fundamentais os seguintes:

*“Como alternativa à via prescritiva para o dimensionamento de sistemas passivos de controlo de fumo, expressa nos artigos 134.º a 142.º, 148.º a 153.º, 155.º, 156.º, 159.º e 160.º do presente Regulamento permite-se o emprego de uma abordagem de cálculo (projecto baseado no desempenho).”*

Esta disposição encontra paralelo no capítulo 8 da recomendação francesa [IT246, 2004].

*“Os requisitos a cumprir com o sistema de extracção de fumo dimensionado nesta abordagem de cálculo são os expressos no artigo 133.º deste Regulamento.”*

Esta disposição encontra paralelo no capítulo 8 da recomendação francesa [IT246, 2004].

*“Esta abordagem de Engenharia deve permitir simular a evolução do incêndio e da geração e propagação do fumo no tempo, bem como o seu controle por sistemas de tiragem natural.*

A validação do pretérito parágrafo contra a norma [IT246, 2004] faz-se pela observação da seguinte parte do capítulo 8 da referida: “Cette approche d'ingénierie doit permettre de simuler l'évolution des phénomènes liés à l'enfumage et à son contrôle par des systèmes de désenfumage en ventilation naturelle et/ou mécanique.”

*“Deve necessariamente incluir uma apresentação exaustiva de todos os pressupostos, parâmetros e dados quantitativos utilizados. Os dados conducentes à descrição matemática do incêndio e do comportamento humano devem ser acompanhados da referência às normas utilizadas para a sua definição e o seu grau de conservadorismo ou probabilidade de excedência ou não excedência na vida útil da estrutura devem ser indicados;”*

A pretérita clarificação tem, no que diz respeito aos pressupostos de cálculo, o exemplo das recomendações [IT246, 2004].

Já a obrigatoriedade de elencar os dados, normas e níveis de incerteza conducentes e resultantes dos cálculos encontra justificação na prática adoptada pela norma americana [NFPA, 2018], nomeadamente nas disposições do seu capítulo 5.

*“- Todos os pressupostos e parâmetros de cálculo devem ser consistentes entre si;”*

Não obstante se tratar de um requerimento evidente, é pertinente realçar a sua codificação na norma [NFPA, 2018].

*“- A realização de simulações demonstrando um controlo satisfatório do fumo conforme os requisitos de desempenho definidos;”*

Para além das supracitadas disposições de [NFPA, 2018] também no capítulo 8 de [IT246, 2004] é possível encontrar justificação para a presente sugestão.

*“- Uma apresentação dos resultados da simulação e conclusões sobre a eficácia dos sistemas de controlo de fumo.”*

Fundamenta-se esta proposta no seguinte parágrafo de [IT246, 2004]:

*“une présentation des résultats de simulation et des conclusions quant à l'efficacité des systèmes de désenfumage préconisés”*

Pode acrescer-se os seguintes aspectos de [NFPA, 2018]:

*“Output data from models and assessment methods, including sensitivity analyses, shall be documented.”*

*“Assumptions made by the model user, and descriptions of models and methods used, including known limitations, shall be documented.”*

“Documentation shall be provided to verify that the assessment methods have been used validly and appropriately to address the design specifications, assumptions, and scenarios.”

“The performance evaluation summary shall be documented.”

*“Devem ser considerados, pelo menos, os seguintes cenários de incêndio:”*

Os cenários considerados basearam-se nos definidos em [NFPA, 2018], deles diferindo na medida das alterações necessárias para adequação ao restante conjunto normativo português. Face à limitação de espaço não se transcreve o conjunto de oito cenários descritos no capítulo 5 da referida norma.

Considera-se que, com a elaboração de um amplo conjunto de estudos se poderia equacionar a redução dos oito cenários para um número inferior, constatada a especificidade de alguns deles. Todavia, observada a bibliografia recente e especializada ([NFPA, 2018]) a opção pelos oito cenários é aquela que se demonstra devidamente sustentada na actualidade.

Outros aspectos, que complementam a redacção do enquadramento da Abordagem Baseada em Requisitos de Desempenho, pretendida holística, incluem aqueles que seguidamente se descreve, em paralelo com a justificação encontrada nos documentos analisados.

*“As características do sistema de extracção de fumo não tidas em conta na abordagem da Engenharia devem estar em conformidade com as demais disposições do Regulamento. As autoridades competentes podem exigir a implementação de testes in-situ para validar as características dos sistemas propostos.”*

Este requisito fundamenta-se no extracto de [IT246, 2004] seguidamente transcrito:

“Les autorités compétentes peuvent éventuellement exiger la réalisation d'essais in situ pour valider les caractéristiques des systèmes de désenfumage retenus”

*Um aspecto de capital importância no projecto baseado no desempenho é o tempo durante o qual os requisitos de desempenho devem ser garantidos. Tal especificação pode ser incluída no artigo regulamentar que aqui se sugere, com*

*diferentes limites para as Utilizações-Tipo, Locais de Risco ou Categorias de Risco, ou permitida a escolha por parte do Projectista, carecendo, nesse caso, de sólida justificação. Deixar esta opção a cargo do Projectista poderá constituir a forma mais adequada de garantir que as especificidades da construção e da sua ocupação serão devidamente contempladas.*

*No caso desta última opção, o Tempo de Sustentabilidade da Evacuação (TSE) aplicável não deve ser excedido pelo Tempo Necessário à Evacuação (TNE) [Ramos, 2012], incluindo os factores de segurança pertinentes.*

*Para a determinação do TNE deve atender-se aos factores Tempo de Reacção (dependente do sistema de alarme, do contexto em que o alarme é accionado, das características e limitações físicas e cognitivas do grupo e da actividade em desenvolvimento no momento) e Tempo de Deslocamento (que pode ser determinado com modelos analíticos ou simulações numéricas, atendendo às características físicas dos caminhos de evacuação e contemplando os dados biométricos dos grupos considerados).*

*O valor de TSE decorre das simulações numéricas do incêndio empreendidas, considerando-se esgotado quando algum dos requisitos impostos para a construção em causa se esgota.*

*Importa referir que, para além dos critérios enumerados (altura livre de fumo, máximo fluxo de calor e temperatura máxima na altura livre de fumo), vários outros são frequentemente citados nas recomendações internacionais relevantes [SFPE, 2015], nomeadamente a temperatura máxima na camada de fumo e a visibilidade. Contudo, considera-se que a correlação entre estes factores e os três sugeridos como requisitos é forte, sobretudo no contexto restrito dos edifícios correntes [Ramos, Rodrigues, 2011], [SFPE, 2015]. Assim, estipular critérios adicionais dificilmente traria benefícios à segurança da construção e tornaria desnecessariamente complexa a análise.*

*Por fim, sugere equacionar-se a hipótese de incluir na alteração regulamentar proposta algumas tendências de desenvolvimento futuro das abordagens por requisitos de desempenho. Com efeito, é de admitir que, para além do requisito de protecção da vida e da propriedade (que, devido à sua especificidade, não está contemplada nos requisitos aqui sugeridos) a protecção ambiental aos efeitos do incêndio seja considerada [Kruppa et al, 2006], [Kruppa, Sedlacek, 2008]. Também a simulação da interacção entre os produtos da construção e o*

*incêndio e a forma como os primeiros, incluindo as alterações nas suas propriedades físicas com o aumento da temperatura, influem no desenvolvimento do segundo constituirá uma necessidade [Kruppa et al, 2006], [Kruppa, Sedlacek, 2008].*

*Adicionalmente sugere adequar-se a redacção do artigo 14.º do RJ-SCIE da seguinte forma:*

#### ***Perigosidade atípica e abordagens de cálculo alternativas***

*No caso de edifícios e recintos novos, quando as disposições do regulamento técnico a que se refere o artigo 15.º sejam desadequadas face às grandes dimensões em altimetria e planimetria ou às suas características de funcionamento, exploração ou construtivas, tais edifícios e recintos ou as suas fracções são classificados de perigosidade atípica.*

*Todos os espaços merecedores da classificação de perigosidade atípica são necessariamente sujeitos a um regime de dimensionamento com exigências específicas e abordagens de cálculo alternativas.*

*Os restantes edifícios e recintos, não merecedores de tal classificação, podem ser dimensionados pela via das abordagens de cálculo alternativas ou pela via prescritiva, conforme expresso nos artigos relevantes do RT-SCIE.*

*Sem prejuízo do definido no RT-SCIE, as abordagens de cálculo alternativas obedecem às seguintes condições:*

- a) Sejam objecto de fundamentação adequada baseada em métodos de análise de risco que venham a ser reconhecidos pela ANPC ou em métodos de ensaio ou modelos de cálculo ou seja baseada em novas tecnologias ou em tecnologias não previstas no presente decreto-lei, cujo desempenho ao nível da SCIE seja devidamente justificado, no âmbito das disposições construtivas ou dos sistemas e equipamentos de segurança;*
- b) Devem ser explicitamente referidas como não conformes no termo de responsabilidade do autor do projecto;*
- c) Devem ser aprovadas pela ANPC.*

A parte da sugestão que seguidamente se transcreve, embora implícita nas supracitadas normas é abordada com maior acuidade na bibliografia de referência:

*Um aspecto de capital importância no projecto baseado no desempenho é o tempo durante o qual os requisitos de desempenho devem ser garantidos. Tal especificação pode ser incluída no artigo regulamentar que aqui se sugere, com diferentes limites para as Utilizações-Tipo, Locais de Risco ou Categorias de Risco, ou permitida a escolha por parte do Projectista, carecendo, nesse caso, de sólida justificação.*

[Ramos, Rodrigues, 2011] observam que “a generalidade dos regulamentos baseados no desempenho exige que o tempo de sustentabilidade da via seja superior ao tempo estimado para a evacuação. Essa exigência é uma das bases dos projectos baseados no desempenho”. De resto, a bibliografia mais extensa dedicada ao projecto por requisitos de desempenho ([SFPE, 2016]) é taxativa ao afirmar “The concept of available safe egress time (ASET) has become a fundamental aspect of performance-based analysis of life safety from fire.”

Para a quantificação do período durante o qual os requisitos de desempenho devem ser mantidos, as normas e recomendações são heterogéneas, assim vertendo a multiplicidade de situações possíveis, bastante distintas entre si. Deve-se a este facto a não especificação de valores na presente proposta.

Não obstante, importa observar a existência de duas filosofias diferentes. Por um lado pode especificar-se os referidos períodos de tempo, como dá conta [Coté, Harrington, 2009] sugerindo a especificação de valores mínimos (de 20 minutos conforme normas norte-americanas), a classificação em níveis de prontidão para evacuação (pronto até 3 minutos, lento entre 3 e 13 minutos e impraticável acima de 13 minutos). Por outro lado pode optar-se pelo cálculo do tempo expectável de evacuação em conformidade com as características verosímeis dos ocupantes ([ASHRAE, 2012] fornece valores) e especificar tais valores, devidamente majorados (o factor de 1,5 vezes é corrente, como [Coté, Harrington, 2009] também sublinham).

A alteração sugerida transforma a natureza dos regulamentos de SCIE. Com efeito, o RT-SCIE sofre uma transformação, passando de um regulamento prescritivo a um dual. Neste caso importa averiguar o ensejo regulamentar da alteração proposta, bem como a sua relação com as demais disposições legais.

Observando os documentos RT-SCIE (Portaria n.º 1532/2008) e RJ-SCIE (Decreto-Lei n.º 220/2008 e Decreto-Lei n.º 224/2015), conclui-se que a

alteração que se pretende avaliar se constitui como uma alteração na filosofia do segundo e uma expansão significativa do primeiro.

É pertinente afirmar, contudo, que a alteração impressa ao RJ-SCIE é bastante discreta, incidindo apenas num artigo (o 14.º) e aproveitando uma parte significativa da sua redacção, dado que uma abordagem semelhante já era permitida para espaços considerados de perigosidade atípica. Por outro lado, os resultados por ela conseguidos assumem uma abrangência muito extensa, permitindo uma forma de projectar diferente para todos os espaços em que o Projectista assim considere pertinente.

Especificamente, as alterações decorrentes da redacção “edifícios e recintos, não merecedores de tal classificação (de perigosidade atípica), podem ser dimensionados pela via das abordagens de cálculo alternativas ou pela via prescritiva, conforme expresso nos artigos relevantes do RT-SCIE”, não colidem com outras do mesmo Regulamento, sendo este um aspecto fundamental da presente validação.

Outros documentos legais orientados para a doutrina prescritiva podem ter que ser adequados dependendo das opções específicas da redacção a implementar.

A significativa expansão do RT-SCIE que se propõe impõe-lhe uma alteração significativa. Por se tratar da especificação de uma nova abordagem de cálculo, alternativa, os novos artigos serão separados dos existentes, escritos em conformidade com as disposições gerais do RT-SCIE (já incrementado com algumas alterações e clarificações). Por esta razão não haverá lugar à contradição regulamentar.

- x. *Entende-se pertinente sugerir a criação de regulamentação específica que contemple as intervenções de reabilitação do edificado existente.*

*Reconhecendo que tais intervenções têm, actualmente, âmbitos, extensões e objectivos distintos e que, frequentemente, o cúmulo regulamentar vigente é impeditivo da realização de melhoramentos modestos nas construções, pela impossibilidade e custo de cumprir todas as disposições, propõe-se a criação de um regime transitório de incentivo ao reforço da Segurança Contra Incêndio em Edifícios para pequenas intervenções. Com efeito, para intervenções cujo custo não exceda uma parte modesta do valor patrimonial do edifício ou fracção, admitir-se-ia um regime simplificado, em que o não cumprimento de*

*determinadas regras prescritivas pudesse ser tolerado e onde os requisitos para abordagens de desempenho pudessem ser limitados.*

A sugestão em causa incide na implementação de um regime simplificado, por um lado, e adequado às especificidades do caso, por outro, da reabilitação urbana. Não obstante prever-se na redacção uma amplitude de aplicações que varia das pequenas intervenções de melhoramento às grandes reformulações importa referir que o reconhecimento das particularidades destes casos encontra paralelo em algumas das normas internacionais consultadas.

É o caso da norma espanhola [Real Decreto 2267, 2004], cujo texto pertinente se cita:

“El CTE se aplicará a las obras de ampliación, modificación, reforma o rehabilitación que se realicen en edificios existentes, siempre y cuando dichas obras sean compatibles con la naturaleza de la intervención y, en su caso, con el grado de protección que puedan tener los edificios afectados. La posible incompatibilidad de aplicación deberá justificarse en el proyecto y, en su caso, compensarse con medidas alternativas que sean técnica y económicamente viables.”

Também a norma norte-americana [NFPA, 2018] dedica um espaço profuso a esta realidade definindo, primeiro, o conceito de reabilitação, como se demonstra:

“Classification of Rehabilitation Work Categories. Rehabilitation work on existing buildings shall be classified as one of the following work categories: Repair, Renovation, Modification, Reconstruction, Change of use or occupancy classification, Addition”

“For purposes of the provisions of this chapter, the following shall apply:

A major rehabilitation shall involve the modification of more than 50 percent, or more than 4500 ft<sup>2</sup> (420 m<sup>2</sup>), of the area of the smoke compartment.

A minor rehabilitation shall involve the modification of not more than 50 percent, and not more than 4500 ft<sup>2</sup> (420 m<sup>2</sup>), of the area of the smoke compartment.”

Seguidamente, para cada uma das ocupações em que tal é pertinente indica que regras são aplicáveis às intervenções de reabilitação:

“Applicable Requirements. Any building undergoing repair, renovation, modification, or reconstruction shall comply with both of the following”.

A sugestão aqui formulada introduz uma singularidade à natureza dos Regulamentos de SCIE. Com efeito, a adopção de um regime transitório de incentivo à melhoria das condições de SCIE enquadradas em pequenas intervenções de reabilitação tem par no Direito da construção português, nomeadamente no desempenho estrutural dos edifícios assim intervindos. Não obstante, entende-se evidente que nada nos actuais RJ-SCIE e RT-SCIE prevê ou abre caminho a esta via. Neste contexto, pode afirmar-se uma disposição contrária ao sentido vigente dos Regulamentos que, a ser considerada meritória, deverá ser prevista numa revisão à redacção do RJ-SCIE, sendo, posteriormente, detalhada no âmbito, espaço e tempo em sede de Despacho ou Portaria autónomos.

- xi. *No contexto da abordagem de cálculo por requisitos de desempenho entende sugerir-se que a consideração dos efeitos do vento seja feita de uma forma explícita e aprofundada. Com efeito, e em complementaridade ao já aludido em vii, importa observar que as sobre e subpressões devidas ao escoamento do ar em torno do edificado, continuamente variáveis no espaço e no tempo, influem de forma indelével na eficácia dos sistemas passivos de desenfumagem. Tais efeitos devem-se não apenas aos aspectos meteorológicos do território, mas também orográficos locais, da interacção aerodinâmica com construções vizinhas e da própria permeabilidade da construção, continuamente mutável com o desenvolvimento do incêndio.*

*Tal como já proposto para a via prescritiva do Regulamento, sugere-se a disposição do uso de normas específicas para a quantificação dos efeitos do vento (NP EN1991-1-4:2010 [IPQ, 2010] ou posterior), bem como da necessidade da fundamentação em dados oficiais (disponibilizados pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera).*

*Neste contexto, as simulações – analíticas ou numéricas – a efectuar devem contemplar o cálculo das pressões do vento na construção no decurso do incêndio, incluindo as diversas possibilidades verosímeis, nomeadamente as diversas intensidades (médias e extremas), direcções e sentidos do vento, a*

*interacção aerodinâmica com objectos e volumes fixos, rígidos ou flexíveis, bem como a simulação da permeabilidade da envolvente e consequentemente das pressões interiores, incluindo a forma como é afectada pelo incêndio.*

*Importa que os cálculos empreendidos na fase de projecto contemplem os estados actual (conforme utilização e condições projectadas) mas também os futuros possíveis.*

*As situações que devem ser objecto de preocupação nas simulações empreendidas não se limitam à avaliação dos efeitos das pressões externa e interna decorrentes do vento sobre o funcionamento dos sistemas de desenfumagem passiva, mas também devem incluir a aferição da verosimilitude de o vento promover a propagação externa do incêndio ou a enfumagem de compartimentos não afectados pelo incêndio num contexto de propagação interna.*

A Figura 7 [Gomes, 2005] ilustra algumas das situações que se pretende evitar.



Figura 7 – Exemplos de situações em que a propagação do incêndio ou da enfumagem é exterior e potencialmente auxiliada pelo vento [Gomes, 2005]

#### 4.3. Validação de Projectos e Vistoria das Construções

Tomando em consideração o diagnóstico efectuado pelos Bombeiros e respeitando o princípio de que uma maior liberdade conferida aos Projectistas deve, necessariamente, ser acompanhada por uma maior rastreabilidade do seu trabalho, entendeu-se justificada a propositura da instauração de mecanismos adicionais de validação de projectos e vistoria das construções.

Sem prejuízo do disposto no Regime de credenciação de entidades pela ANPC para a emissão de pareceres, realização de vistorias e de inspecções das condições de segurança contra incêndio em edifícios, legislado nas Portarias nº 64/2009 [Portaria 64, 2009] e nº 136/2011 [Portaria 136, 2011], e mantendo o papel da ANPC como a mais alta entidade regente dos diversos aspectos do SCIE, sugere-se o seguinte conjunto de alterações, para adequação da Validação de Projectos e Vistoria das Construções a um contexto regulamentar em evolução:

### **Validação de Projectos**

- xii. *Caso o projecto tenha seguido a via prescritiva do regulamento não se sugere a alteração do actual modelo de validação sumária realizada pela ANPC ou entidades delegadas. Recorda-se que esta verificação também requer que o projectista faça prova da sua elegibilidade como autor do projecto de SCIE, com a necessária certificação junto da ANPC;*
  
- xiii. *Caso o projecto tenha seguido a via do cumprimento de requisitos de desempenho, sugere-se instituir a revisão de projecto obrigatória por parte de um projectista. Neste caso, o projecto de SCIE seria submetido à ANPC para a validação corrente e esta entidade, para além da sua verificação em conformidade com os procedimentos actualmente vigentes, solicitaria a um dos peritos (projectistas) certificados, mediante sorteio e anonimato, uma verificação independente da solução projectada, empregando métodos de cálculo adequados à abordagem do cumprimento dos requisitos de desempenho. Os honorários desta verificação deverão ser regulamentados e padronizados, tal como os requisitos técnicos a alcançar, num contexto de Caderno de Encargos.*

Importa notar que este sistema de verificação independente de projectos já tem emprego firmado em diversos países, como é exemplo o prescrito pela norma Life Safety Code da National Fire Protection Association [NFPA, 2018] dos Estados Unidos da América;
  
- xiv. *Alvitra-se a possibilidade de dispensa da verificação externa de projectos para os projectistas que, num determinado período de referência (cinco anos será um período adequado) tenham obtido aprovação em todos os projectos submetidos*

*a validação por perito externo, em número não inferior a um determinado limite mínimo (de dez, por exemplo). Assim, poderia lograr-se uma desburocratização da pretérita sugestão de alteração, sem prejudicar a necessidade da sua instituição para o controlo de projectos de maior complexidade e com alguma subjectividade associada aos métodos de cálculo e análise dos seus resultados;* Abordagens semelhantes à proposta têm sido implementadas ao longo dos anos em diversos contextos [ARIC, 1999], [ARIC, 2008].

### **Vistoria das Construções**

- xv. *Caso o projecto tenha seguido a via prescritiva do regulamento, e cumpridas as diversas etapas antecedentes, nomeadamente a aprovação do projecto por parte da ANPC ou entidades delegadas e a execução da obra, incluindo as vistorias executadas pela Fiscalização, deve um corpo de Bombeiros indicado pela ANPC proceder a uma vistoria à construção num prazo não superior a dois anos após a sua conclusão. Tal vistoria destina-se à aprovação dos sistemas de SCIE, bem como ao reconhecimento espacial da construção, a integrar uma base de dados dos Bombeiros, de modo a agilizar futuras acções de combate. As vistorias devem incluir, mas não se limitar, a execução de testes de fumo, cumprindo ainda o disposto nas recomendações da ANPC relativas às vistorias de SCIE. A não aprovação dos sistemas não deve ser impeditiva do uso da construção, mas antes decorrer na prescrição de obras de melhoramento em prazo a estabelecer pela ANPC. Apenas caso as intervenções não mereçam a aprovação dos Bombeiros em período estipulado, deverá a ANPC decretar a suspensão do uso da construção;*
- xvi. *Caso o projecto tenha seguido a via do cumprimento de requisitos de desempenho, a vistoria especificada no pretérito ponto deve ser realizada imediatamente após a conclusão da construção, sendo a sua aprovação uma condição para a utilização do edifício;*

#### **4.4. A Revisão do RT-SCIE como uma Oportunidade para Acompanhar as Inovações na Construção**

Ao contrário do que sucede em algumas sociedades, como a Norte-Americana, nas quais as normas ou recomendações são actualizadas com grande cadência, o quadro

normativo técnico Português – também pela sua parcial dependência do Europeu – mantem-se imutável, frequentemente, por períodos superiores à década. Esta circunstância traduz-se num claro óbice à integração de métodos, processos e equipamentos mais avançados nas práticas da comunidade técnica, por vezes impondo até resistências a novos requisitos regulamentares veiculados por legislação nova.

Entende-se, pois, que a presente sugestão de alterações aos regulamentos pugne por torná-los mais abertos e inclusivos à inovação, integrando desde já aspectos que actualmente se afirmam em falta.

Objectivamente são propostas as seguintes alterações:

- xvii. *Imposição da necessidade de os projectos de SCIE serem submetidos para apreciação e arquivo da ANPC em formato digital, usando a metodologia BIM (Building Information Modelling), com o nível de desenvolvimento (LOD) que se entender pertinente legislar. Este procedimento permitirá a criação de um banco nacional ou regional, cujo objectivo é o de facultar melhor informação aos corpos de Bombeiros. Com a informação assim organizada será possível a estas entidades avaliar instantaneamente as condições geométricas de um edifício em situação de emergência, permitindo adequar os meios e gizar a melhor estratégia de combate ao incêndio, ainda antes de chegar ao teatro de operações e sem os inconvenientes de falta de informação que frequentemente se colocam em caso de emergência.*

*Consequência desta proposta poderia ser a integração da proposta base de dados dos edifícios aos sistemas de detecção (de fumo, por exemplo) neles instalados. Assim, as operações de combate não apenas beneficiariam do conhecimento imediato da geometria da construção, mas também o alarme seria imediato.*

Sabendo que o tempo para evacuação e combate é muito exíguo [ASHRAE, 2012], [SFPE, 2016] em zonas enfumadas, estas simples e pouco onerosas medidas podem ser extremamente vantajosas, salvando vidas e mitigando perdas económicas graves. Muito recentemente, alguns investigadores [Cheng et al, 2017] formularam e sugeriram à comunidade técnica a integração de sistemas de detecção com base na tecnologia Bluetooth em modelos BIM como meio de melhorar o combate a incêndios e de proporcionar a optimização de caminhos de fuga, em tempo real, interagindo com os dispositivos móveis dos ocupantes.

Não obstante a virtude das pretéritas razões, vem esta sugestão de alteração dar cumprimento à directiva europeia 2014/24/EU [UE, 2014] que recomenda a inclusão no direito nacional da obrigatoriedade do uso da metodologia BIM.

Importa observar que a imposição da utilização da metodologia BIM nas obras públicas é já uma realidade num vasto conjunto de países, dos quais Portugal ainda não faz parte. A título de exemplo, para além da existência de normas internacionais dedicadas à temática ([ISO 29481, 2016], [ISO 16739, 2013] e [ISO 12006-3, 2007], por exemplo) destacam-se os casos do Reino Unido, onde o uso do Nível 2 (modelação e interoperabilidade) de BIM é requerida para projectos públicos desde 2016 [PAS 1192-2, 2013], dos Estados Unidos da América, cuja General Services Administration decretou, em 2006, o uso de ferramentas BIM em novos edifícios públicos, de Singapura, cuja aplicação pioneira de ferramentas BIM, lançada ainda no milénio passado, resultou na prescrição do uso desta metodologia para todas as especialidades dos projectos de construção em 2015, da Noruega, cuja agência Statsbygg responsável pela regulação da construção e imobiliário decretou o uso de ferramentas BIM desde 2011, da Finlândia, que decretou o uso de ferramentas BIM desde 2007. Entre outros países, cuja utilização de ferramentas BIM já é obrigatória por lei para alguns tipos de projecto, estão a Dinamarca, Hong Kong (desde 2014), a Coreia do Sul (desde 2016, para todos os projectos públicos e para os privados de maior dimensão) e a Holanda (desde 2012). Recentemente, também Espanha (a partir do final de 2018) e a Rússia (a partir de 2019) anunciaram a decisão de tornar o uso de ferramentas BIM obrigatório;

- xviii. *Adicionalmente, entende-se que seria de equacionar a inclusão, nos artigos do RT-SCIE, uma menção permitindo o uso de quaisquer métodos, técnicas e processos de dimensionamento, bem como de soluções construtivas e equipamentos inovadores, mesmo que omissos do texto regulamentar, ficando dependentes do parecer positivo da ANPC. Para o efeito reforça-se a pertinência de se incluir no regulamento os critérios que as regras prescritivas ou de desempenho pretendam garantir. Deste modo, viabiliza-se o uso de soluções novas, balizando os objectivos que devem servir;*

## 5. Aplicação a um Caso Prático

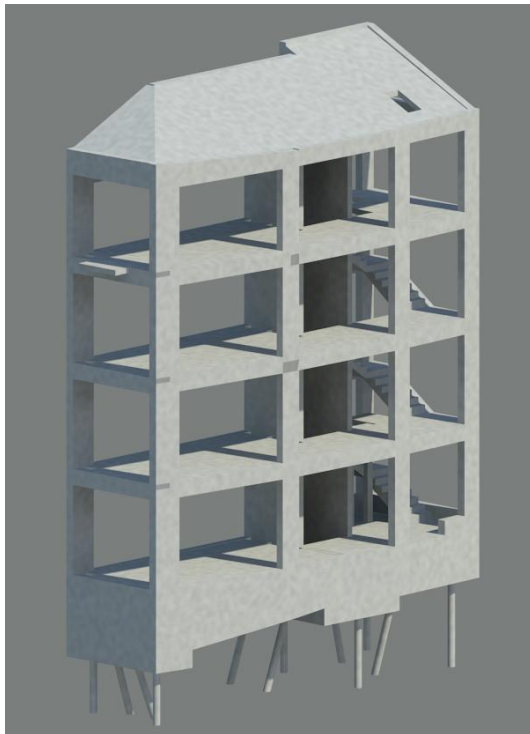
### 5.1. Descrição do Caso de Estudo

Para ilustrar o dimensionamento de sistemas passivos de controlo de fumo, no contexto normativo actual, bem como para exemplificar os efeitos práticos de algumas das alterações regulamentares sugeridas, faz-se recurso de um caso de estudo. O caso seleccionado consiste numa construção real, já edificada, cujo projecto serve de base ao dimensionamento de um sistema de desenfumagem natural.

O projecto em epígrafe foi gentilmente cedido por um Arquitecto contactado, sob compromisso de manutenção do sigilo sobre a identificação a construção e entidades nela envolvidas e interessadas.

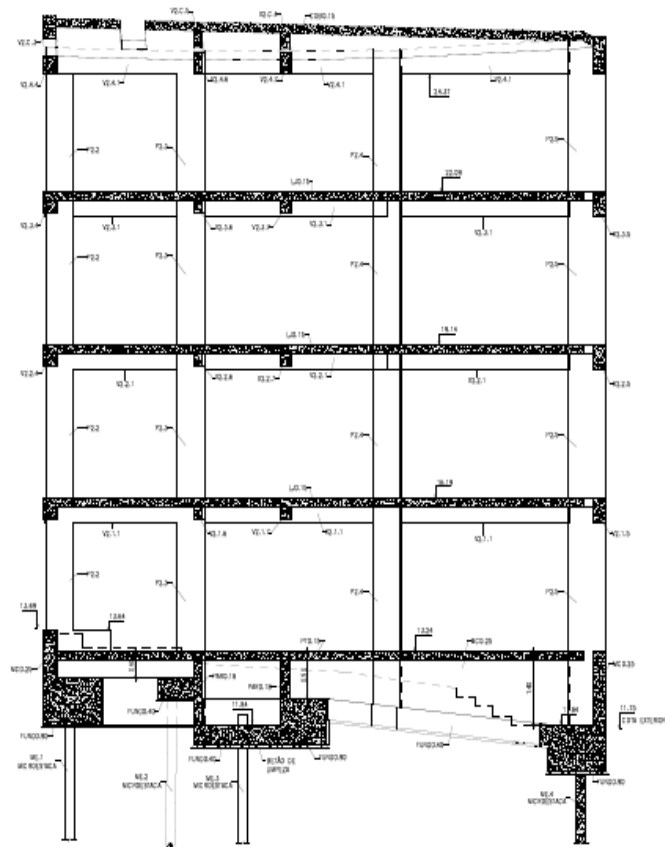
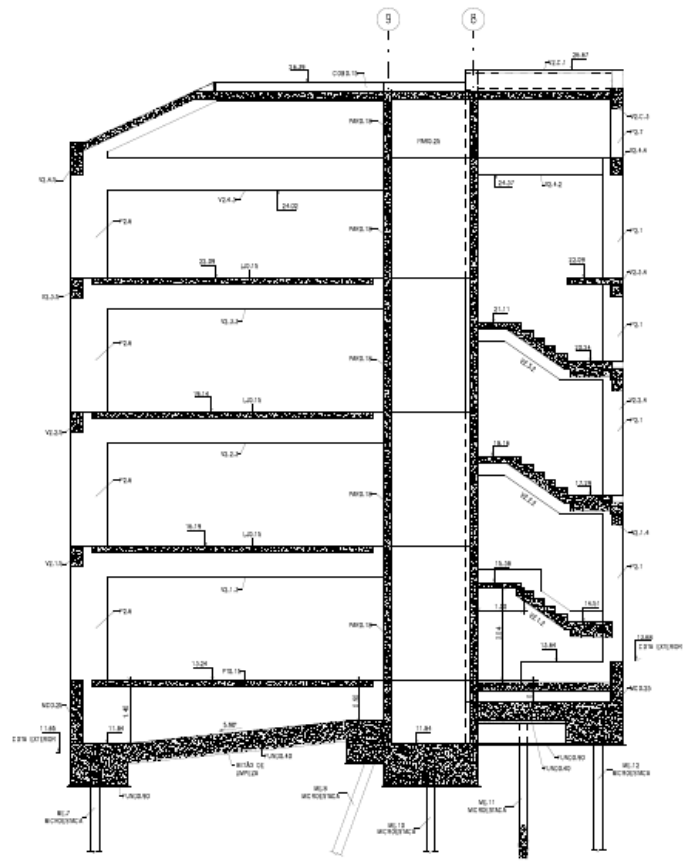
Com efeito, mencionar-se-á a construção como um *prédio de uso habitacional de pequenas dimensões em território português*.

As figuras seguintes ilustram o projecto em questão.









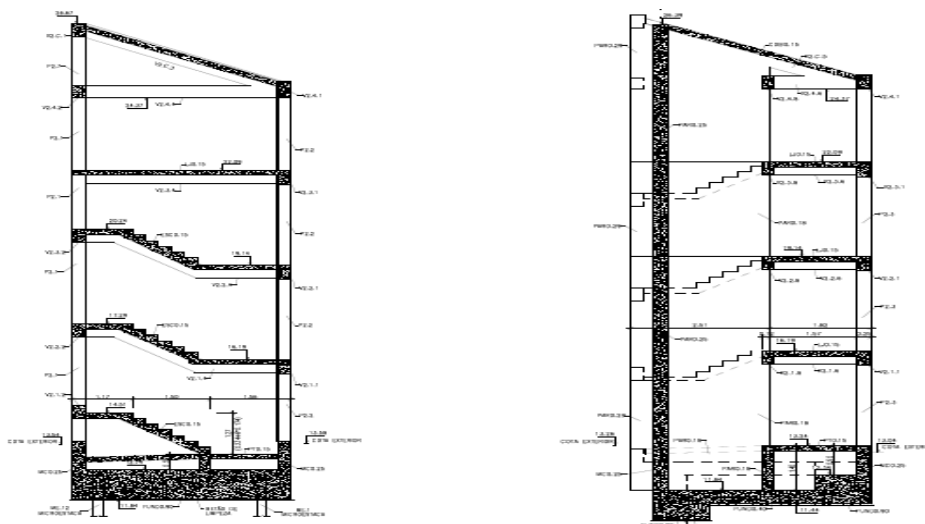


Figura 10 – Cortes do projecto de Arquitectura disponibilizado

A construção em apreço é formada por quatro níveis, o mais baixo dos quais térreo. O pé-direito é constante, com o valor de 3.50 metros, sendo a distância entre pisos de 3.75 metros. É excepção o último piso cuja cobertura de duas águas perpendiculares se traduz num acréscimo de cerca de 2 metros à altura da construção. Com efeito, a altura máxima do edificado é de 17 metros.

Embora a geometria da construção seja irregular em planta, esta mantém-se constante em toda a sua altura, perfazendo uma área de 48 m<sup>2</sup>, aproximadamente, em cada um dos quatro pisos. É, pois, de 192 m<sup>2</sup> a área de construção, da qual cerca de um terço está afectada aos acessos verticais.

Importa referir que, para ilustrar a verosimilitude e a simplicidade da sugestão expressa em xvii, se concebeu um modelo tridimensional, com uma ferramenta BIM e nível de desenvolvimento (LOD) 200. Para o efeito utilizou-se o programa comercial *Autodesk Revit 2015*.

## 5.2. Sistema de Controlo de Fumo Passivo Dimensionado

No contexto do projecto de SCIE classificou-se o edifício da forma seguidamente descrita:

**Utilização-Tipo I**, correspondente a edifícios habitacionais.

**Local de Risco A**, em virtude do cumprimento, cumulativo das condições de que o efectivo não excede as 100 pessoas, de que o efectivo de público (inexistente no presente caso) não excede as 50 pessoas, de que mais de 90% dos ocupantes não se

encontram limitados nas suas capacidades de percepção e mobilidade e que as actividades, materiais e equipamentos não envolvem riscos agravados de incêndio.

Do pretérito enquadramento regulamentar e tendo em conta as características geométricas da construção, nomeadamente a supramencionada altura e a ausência de pisos enterrados, pode afirmar-se que o edifício é da **Segunda Categoria de Risco**.

Observado o conteúdo dos artigos 14.º e 15.º do RJ-SCIE conclui-se não estarem reunidas as condições da classificação dos espaços como de perigosidade atípica. Neste contexto está regulamentarmente interdita qualquer abordagem de cálculo distinta do cumprimento das regras prescritivas do regulamento.

Com base nas condições enumeradas, observando [ANPC, 2013a] e atendendo ao resumido em 3.1 concebeu-se o seguinte sistema:

Face à exiguidade do espaço e à pretérita classificação não foi necessário criar vias de evacuação horizontais com isolamento e protecção. Com efeito, nenhuma das condições expressas no artigo 25.º do RT-SCIE se verifica no presente caso, dispensando a necessidade da criação de tais vias isoladas e protegidas.

Os acessos verticais são formados por uma caixa de escadas e um núcleo de elevador. Em conformidade com os requisitos expostos no artigo 26.º do RT-SCIE especifica-se um sistema de protecção da via vertical de evacuação. Dele faz parte a separação mecânica a estabelecer entre a caixa de escada e os compartimentos habitáveis com uma resistência ao fogo de 60 minutos para os elementos estruturais.

No piso de saída para o exterior e nos restantes pisos (acessos interiores), em respeito pelo disposto nos números 4 a) e 4 b) do aludido artigo, respectivamente, especificam-se portas da classe E 30 C.

Em conformidade com o especificado no artigo 28.º do RT-SCIE, especificam-se paredes resistentes da classe REI 30 e portas da classe E 15 C para o núcleo de elevador. Não se dimensionam, por não serem exigidas nem terem cabimento na configuração da construção, câmaras corta-fogo.

No que diz respeito às componentes do sistema de controlo de fumo dimensionado, uma sucinta descrição e justificação é alcançada nas linhas seguintes.

Nos compartimentos habitáveis formados por cada um dos quatro pisos existirão aberturas para a evacuação de fumo com uma área útil de 1.60 m<sup>2</sup>. Para o efeito usam-se dois vãos por piso, com uma superfície útil de 0.80 m<sup>2</sup> cada, dispostos a uma altura superior a 1.80 metros. Do ponto de vista arquitectónico, estes vãos, altos, servirão também de iluminação natural. Para a respectiva admissão de ar haverá uma abertura

com uma área de 0.80 m<sup>2</sup> por piso. A sua materialização será lograda com um vão a baixa altura, não superior a 1.0 m, nomeadamente na parte inferior da porta para a varanda de cada um dos pisos.

É particularmente relevante focar o disposto no número 7 do artigo 153.º. Nele se requer que a área total útil das aberturas para evacuação seja objecto de cálculo devidamente fundamentado. Todavia, não estão indicados os critérios cujo cumprimento deve ser demonstrado através de cálculo devidamente fundamentado. Assim, da informação recolhida junto dos Projectistas foi possível concluir que os cálculos correntes implicam, habitualmente, usar a regra empírica de equivaler a área útil das aberturas para evacuação de fumo a um valor entre 0.5% e 5% da área em planta do compartimento. O primeiro valor resulta da manutenção de regras anteriores ao presente Regulamento e a segunda a uma extrapolação do disposto no número 5 do artigo 149.º, referente a pátios.

No presente caso usou-se o limite superior do referido intervalo, devido à exiguidade dos espaços e para evidenciar as diferenças para com as regras, claras, que se propõe implementar e que serão evidenciadas em 5.3.2.

Na caixa de escadas especifica-se um conjunto de quatro aberturas com 0.25 m<sup>2</sup> de área útil, uma em cada patamar, topejadas por um exutor com 1 m<sup>2</sup> de área útil.

As supracitadas áreas úteis serão garantidas por vãos, aberturas para ventilação no caixa de escadas e pelo exutor. Em qualquer um desses casos, as dimensões dos equipamentos contemplam a diferença entre a superfície útil e a superfície geométrica de cada equipamento. Serão usadas as prescrições do articulado da norma EN 12101-2:2003 para a tradução destes requisitos nas especificações do projecto de Arquitectura.

Os sistemas de controlo de fumo apenas ficam completos com a especificação dos sistemas de detecção, alarme e alerta. Assim, o Sistema Automático de Detecção de Incêndios – SADI será constituído pelos seguintes componentes:

Uma Central de Detecção de Incêndios – CDI, um Detector de Fumo em cada piso, localizado na divisão única de cada piso junto à porta divisória para os acessos verticais, um Detector de Temperatura localizado no topo da caixa de escadas, Sinalizadores de Acção sobre as portas de cada um dos compartimentos, um Botão Manual de Alarme localizado na caixa de escadas, uma Sirene de Alarme e um Módulo de Comando.

### 5.3. Verificação do Cumprimento das Condições Regulamentares Actuais e Propostas

#### 5.3.1. Condições Aplicáveis do Articulado Actual do RT-SCIE

A Tabela 6 evidencia o cumprimento dos requisitos regulamentares para o sistema previamente descrito.

Tabela 6 – Verificação do cumprimento das condições regulamentares actuais

Art.º	Objecto	Verificação	
Interdição do uso de sistemas passivos de CF			
134.º	Desenfumagem passiva	Confirma-se a elegibilidade do espaço para o uso de sistemas passivos de controlo de fumo	
135.º			
Permissão do uso de sistemas passivos de CF			
135.º	Desenfumagem passiva	Confirma-se a especificação de um sistema passivo de CF para a via vertical enclausurada	
135.º	Duplicação de sistemas	Não é regulamentarmente exigida a duplicação de sistemas (com desenfumagem passiva e sobrepressão)	
Condições gerais para sistemas de desenfumagem passiva			
141.º	Admissão de ar	Opta-se por conceber entradas para admissão de ar em vãos implantados a $h \leq 1\text{m}$	
142.º	Evacuação de fumo	Utiliza-se um conjunto de vãos implantados a $h \geq 1.8\text{m}$ e um exutor no topo da caixa de escadas	
	Conduatas	Não se revelou necessário o uso de conduatas	
Condições para pátios e zonas apenas			
149.º		Não é aplicável	
Condições gerais para sistemas de desenfumagem passiva			
152.º	Cantonamento	Face às dimensões da construção, não se revelou necessário materializar compartimentos de cantonamento	
153.º	Admissão de ar	Especificou-se as aberturas o mais baixo possível, ainda que <b>não seja possível afirmar tratar-se de zonas totalmente livres de fumo</b>	
	Evacuação de fumo	Especificou-se as aberturas o mais alto possível ainda que <b>não seja possível afirmar tratar-se de zonas totalmente enfumadas</b>	
	Critérios diversos		Cumriu-se o requisito que baliza o somatório das áreas das aberturas de admissão de ar entre o somatório das áreas de evacuação de fumo e a sua metade
			Confirmou-se que a distância máxima à saída de fumo é sempre (significativamente) inferior a 24.50 metros nos pisos inferiores e que, no piso de cobertura, a saída de fumo ocorre no topo, através de um exutor
			Não se especificou qualquer conduata
			Cumriu-se o requisito de que as aberturas para evacuação de fumo dispostas na fachada não podem exceder um terço da área total das aberturas de evacuação. A parte significativa da área de aberturas é garantida pelo exutor
	Foram feitos cálculos, devidamente fundamentados, para a área total útil das aberturas para evacuação. Contudo, <b>os requisitos para esses cálculos não estão definidos</b>		
Condições para vias horizontais de evacuação			
156.º		Não é aplicável	
Condições para vias verticais de evacuação			
160.º	Critérios diversos	Cumriu-se o requisito de que a área de evacuação deve exceder	

Art.º	Objecto	Verificação
		1m <sup>2</sup>
		Cumpriu-se o requisito de que a área de admissão deve exceder a área de evacuação
		Usou-se a possibilidade permitida pelo Regulamento em usar aberturas em todos os patamares com mais de 0.25m <sup>2</sup> , garantindo assim o cumprimento dos requisitos na via vertical

Conclui-se, portanto, que as condições regulamentares foram cumpridas, ainda que sejam evidentes casos que se afiguram dúbios.

### 5.3.2. Condições Regulamentares Propostas

Na Tabela 7 estão enumeradas as alterações regulamentares sugeridas, discutindo-se a sua pertinência e a sua verificação, quando relevante, para o caso de estudo.

Tabela 7 – Verificação do cumprimento das condições regulamentares propostas

Proposta	Comentário
i	No contexto da actual abordagem prescritiva, o disposto nesta proposta não oneraria o projecto com mais cálculos, mas viria clarificar os objectivos que as regras geométricas seguidas pretendem assegurar. Com efeito, passaria a ser possível averiguar, se necessário, a qualidade do dimensionamento com análises numéricas em sede de verificação de projecto, seguindo critérios claros para todos os intervenientes.
ii	Sem repercussões no presente Projecto
iii	Sem repercussões no presente Projecto
iv	Sem repercussões no presente Projecto
v	A presente sugestão, no contexto da abordagem prescritiva adoptada, serviria para clarificar o requisito de localização das aberturas, com critérios objectivos que beneficiariam a qualidade do Projecto
vi	Com o disposto nesta sugestão alcançar-se-ia uma forma objectiva de calcular, fundamentadamente, a área das aberturas para evacuação de fumo. No presente caso, com uma Utilização-Tipo inserida no Agrupamento 1, H=3.5 m, L=2.0 m (em conformidade com a sugestão formulada em i) e e=1.5 m obter-se-ia uma área útil de aberturas requerida de aproximadamente 0.14% da área do compartimento em planta. Trata-se de um valor significativamente inferior ao intervalo habitualmente usado de 0.5% a 5%. Desta circunstância pode concluir-se o sobredimensionamento da actual solução, devido à imprecisão regulamentar.
vii	O presente caso evidencia a necessidade de a sugestão em apreço ser formulada com tolerância face às circunstâncias do terreno, já que que a construção em apreço é apenas a demais construções, tendo uma fachada cega, o que limita a possibilidade de melhor adequar a disposição dos vãos. Todavia, dentro das possibilidades, a sugestão foi seguida, tendo sido escolhida a localização dos vãos que melhor acautela a variabilidade da acção do vento e os seus efeitos sobre o sistema de controlo de fumo.
viii	Sem repercussões no presente Projecto
ix	Sem repercussões no presente Projecto, por este estar limitado à abordagem prescritiva.  Todavia, é pertinente salientar que, sem o estabelecimento dos critérios para o dimensionamento dos sistemas CF, conforme sugerido em i, não há condições para dar cumprimento a esta sugestão. Qualquer simulação executada no neste contexto decorreria na obtenção de resultados dos quais não seria possível extrair conclusões,

Proposta	Comentário
	ou sequer, afiançar a qualidade do dimensionamento, ou a sua falta.
x	Sem repercussões no presente Projecto
xi	Sem repercussões no presente Projecto
xii	Sem repercussões na fase de Projecto
xiii	Sem repercussões na fase de Projecto
xiv	Sem repercussões na fase de Projecto
xv	Sem repercussões na fase de Projecto
xvi	Sem repercussões na fase de Projecto
xvii	Aplicou-se o disposto na sugestão, com a construção de um modelo de BIM, conforme evidenciado na Figura 8
xviii	Sem repercussões no presente Projecto

### 5.3.3. Comparação Económica

A circunstância de o caso de estudo incidir sobre uma construção de muito reduzidas dimensões torna as opções de projecto menos dependentes dos critérios de cálculo e mais orientada pelos desígnios arquitectónicos e construtivos, bem como as dimensões e números mínimos dos equipamentos e instalações.

É por isso que as alterações propostas ao regulamento, sempre dentro da abordagem prescritiva, nunca poderão ser muito significativas. É pela mesma razão, contudo, que se observa que em diferentes tipos e dimensões de construções essa diferença pode ser bem mais significativa.

Estima-se que o custo da presente construção atinja o valor de 211000 Euros, conforme projectada. Desse valor, aproximadamente 3500 Euros (1.7% do total) poderá ser atribuído aos equipamentos afectos ao controlo de fumo, nomeadamente as aberturas na caixa de escadas, o exutor e os vãos com a função de entrada de ar e evacuação de fumo nos compartimentos habitáveis (que não são, realça-se, todos os vãos que a arquitectura previu). Excluiu-se desta análise o SADI as exigências impostas às portas e elevadores e a sinalização, por existirem indistintamente às prospectivas alterações ao RT-SCIE.

Aplicando as sugestões neste documento formuladas a principal alteração tem como objecto o processo de cálculo das dimensões das aberturas para evacuação de fumo e, consequentemente das aberturas para entrada de ar.

A primeira observação, evidente, é a de que as sugestões de alteração regulamentar não oneram a construção. Na verdade são capazes de demonstrar a qualidade da solução, o que anteriormente não era tão formalmente logrado, evitando ainda o sobredimensionamento.

De resto, observando com rigor as expressões (8), (9), (10), (11) e (12), é possível concluir que, para os casos do Agrupamento 1, a percentagem de área em planta que se

traduz em área útil das aberturas de evacuação é claramente inferior a 0.5% (0.12% a 0.50% para um pé-direito não superior a 6.00 m). Mesmo para os restantes agrupamentos, em condições normais não se atingirá uma área de abertura superior a 4%, estando, portanto, o valor de 5% por vezes usado claramente em excesso.

No presente caso, as aberturas a colocar no acesso vertical não sofrerão qualquer alteração, visto estarem cerceadas pelas áreas mínimas regulamentares. Já as aberturas nos vãos dos compartimentos habitáveis poderão sofrer uma diminuição para cerca de 3% do dimensionado. Tal não será o caso, visto que os vãos cumprem também funções arquitectónicas, mas os requisitos que lhes colocam, nomeadamente a capacidade de abrir e obturar e a resistência ao fogo diferem e permitem o uso de soluções mais económicas. No cômputo global, é razoável afirmar que o custo dos vãos em apreço se poderá diminuir para cerca de um terço do valor inicial.

Assim, podemos concluir que o custo dos equipamentos de controlo de fumo sensíveis às alterações regulamentares se reduz em cerca de 55 %, o que se repercute em cerca de 0.9 % do custo total da construção.



## 6. Conclusões

A pesquisa bibliográfica efectuada permitiu descrever o enquadramento legal, nacional e mundial, do dimensionamento de sistemas passivos de controlo de fumo, bem como identificar as recomendações mais recentes sobre esta temática. Com base nesta é possível afirmar que a actual regulamentação portuguesa, nomeadamente o RT-SCIE, não tem acompanhado os desenvolvimentos nas principais normas internacionais de referência, nem as tendências na Engenharia do Fogo.

Empreendeu-se uma vasta consulta aos intervenientes mais relevantes no panorama nacional do projecto, combate e regulação de sistemas de SCIE. Com base nas respostas obtidas foi possível concluir que, da parte dos Projectistas não são desejadas alterações significativas aos Regulamentos havendo, contudo, receptividade à adopção de uma norma dual que possibilite uma abordagem de cálculo por requisitos de desempenho. Já entre os Bombeiros a principal preocupação reside na instauração de instrumentos adicionais de validação dos projectos. Uma análise ulterior e cuidada aos regulamentos vigentes permitiu ainda concluir sobre algumas insuficiências e aspectos dúbios, cuja comparação com as normas internacionais reforçou.

Face ao diagnóstico efectuado elaborou-se um conjunto de 18 sugestões de menores e maiores alterações aos regulamentos actuais. De entre estas pode destacar-se, em primeiro lugar, a estipulação dos objectivos e critérios que os sistemas dimensionados, independentemente da abordagem de cálculo, devem lograr, mas também a clarificação de vários artigos do RT-SCIE, a inclusão de um método de cálculo para a área das aberturas a dimensionar, mesmo no contexto da abordagem prescritiva, o lançamento das bases para um regulamento dual que também incorpore a possibilidade de empreender uma abordagem de cálculo por requisitos de desempenho, várias alterações à validação e revisão dos projectos e a capacitação do texto regulamentar para responder a novos requisitos e realidades de uma forma ágil e sem necessidade de permanente revisão.

Utilizou-se um conjunto de normas internacionais e de publicações recentes para suportar e validar as sugestões referidas.

Aplicou-se o cúmulo regulamentar, vigente e proposto, a um caso de estudo real. Desta aplicação é possível concluir sobre os benefícios das alterações propostas.

Destacou-se a impertinência do dimensionamento através de uma abordagem por requisitos de desempenho, ainda que de forma ilustrativa, enquanto não forem

estabelecidos os critérios que qualquer sistema de controlo de fumo, independentemente da abordagem seguida, deve respeitar, dado que os resultados obtidos não poderiam ser conclusivos. Este aspecto reforça a ideia de que a clarificação do regulamento poderá ser a principal preocupação do legislador e o aspecto mais ansiado e mais generalizadamente aceite pela comunidade técnica e profissional. Apenas dado tal passo poderá ser relevante a discussão sobre as abordagens de cálculo.

Por fim, com uma perspectiva ampla sobre o trabalho afirma-se que se demonstra a necessidade de empreender algumas alterações sobre os regulamentos vigentes, apontando-se um caminho possível e sustentado na auscultação à comunidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [Almeida, 2008] Almeida, J.; “*Organização e Gestão da Segurança em Incêndios Urbanos*”, Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Segurança contra Incêndios Urbanos, Universidade de Coimbra, 2008
- [ANPC, 2009] Autoridade Nacional de Protecção Civil; “*Compilação Legislativa – Segurança contra Incêndio em Edifícios*”, 1ª Edição, 2009
- [ANPC, 2010] Autoridade Nacional de Protecção Civil; “*Cadernos Técnicos PROCIV – 12 – Manual de Procedimentos para a Realização de Vistorias de Segurança contra Incêndio em Edifícios*”, ANPC, 2010
- [ANPC, 2010a] Autoridade Nacional de Protecção Civil; “*Cadernos Técnicos PROCIV – 14 – Manual de Procedimentos para a Avaliação de Projectos de SCIE*”, ANPC, 2010
- [ANPC, 2012] Autoridade Nacional de Protecção Civil; “*Medidas de Autoproteção de Segurança contra Incêndio em Edifícios – Volume 1 – Organização Geral*”, ANPC, 2012
- [ANPC, 2013] Autoridade Nacional de Protecção Civil; “*Nota Técnica n.º 01*”, ANPC, 2013
- [ANPC, 2013a] Autoridade Nacional de Protecção Civil; “*Nota Técnica n.º 04*”, ANPC, 2013
- [ANPC, 2013b] Autoridade Nacional de Protecção Civil; “*Nota Técnica n.º 05*”, ANPC, 2013
- [ANPC, 2013c] Autoridade Nacional de Protecção Civil; “*Nota Técnica n.º 06*”, ANPC, 2013
- [ANPC, 2013d] Autoridade Nacional de Protecção Civil; “*Nota Técnica n.º 08*”, ANPC, 2013
- [ANPC, 2013e] Autoridade Nacional de Protecção Civil; “*Nota Técnica n.º 13*”, ANPC, 2013
- [ANPC, 2013f] Autoridade Nacional de Protecção Civil; “*Nota Técnica n.º 14*”, ANPC, 2013
- [ANPC, 2013g] Autoridade Nacional de Protecção Civil; “*Nota Técnica n.º 15*”, ANPC, 2013
- [APSACI, 1980] Assemblée Plénière Des Sociétés D’ Assurances Contre L’incendie et Les Risques Divers, “*R17 – Règles Relatives a la Conception et a L’installation D’Exutoires de Fumée et De Chaleur*”, Edition Mai 1980
- [ARIC, 1999] Asociația Română a Inginerilor Consultanți, “*Condiții de Contract pentru Constructii – Cartea Rosie*”, ARIC, Prima editie, 1999
- [ARIC, 2008] Asociația Română a Inginerilor Consultanți, “*Condiții de Contract pentru Proiectare, Executie si Servicii de Exploatare*”, ARIC, Prima editie, 2008
- [ASHRAE, 2012] Klote, J.H., Milke, J.A., Turnbull, P.G., Kashef, A., Ferreira, M.J., “*Handbook of smoke control engineering*”, ASHRAE, 2012
- [Benjamin et al, 1977] Benjamin, L.A., Fung, F., Roth, L., “*Control of smoke movement in buildings: a review*”. National Bureau of Standards, 1977
- [BIA, 2001] BIA: 2001. “*New Zealand Building Code Handbook and Approved Documents*”, Building Industry Authority, Wellington, New Zealand, 2001
- [BS5588, 1997] British Standard Institution, “*BS5588: Fire precautions in the design, construction and use of buildings*”, London, BSI, 1997
- [BS7346, 2003] British Standard Institution, “*BS7346 Part 4: Components for smoke and heat control systems. Functional recommendations and calculation methods for smoke and heat exhaust ventilation systems, employing steady-state design fires*”, Code of practice. London, BSI, 2003
- [Castro, Abrantes, 2009] Castro, F. C.; Abrantes, J. B., “*Manual de Segurança Contra Incêndio em Edifícios*”, 2ª edição. Escola Nacional de Bombeiros, 2009
- [Cepreven, 1991] Cepreven – Asociación de Investigación para la Seguridad de Vidas y Bienes, “*Cepreven 21 – Manual para la elaboración de planes de emergencia en hoteles y otros establecimientos de pública concurrencia – directrices para la autoprotección*”, Cepreven, Madrid, 1991
- [CEN, 2003] CEN – European Committee for Standardization, “*EN 12101-2:2003 – Smoke and heat control systems, Part 2: Specification for natural smoke and heat exhaust ventilators*”, CEN, Bruxelas, 2003
- [Chen et al, 2009] Chen, H., Liu, N., Chow, W.; “*Wind effects on smoke motion and temperature of ventilation-controlled fire in a two-vent compartment*”, Building and Environment, 44 (2009) 2521–2526, Elsevier, 2009
- [Cheng et al, 2017] Cheng M.Y., Chiu K.C., Hsieh Y.M., Yang I.T., Chou J.S., Wu Y.W., “*BIM integrated smart monitoring technique for building fire prevention and disaster relief*”, Automation in Construction, Vol 84, Elsevier, December 2017
- [Chu, Sun, 2008] Chu, G., Sun, J.; “*Decision analysis on fire safety design based on evaluating building*

- fire risk to life*” Safety Science, 46(7), 1125-1136, 2008
- [Coelho, 1998] Coelho A.L., “*Segurança contra incêndio em edifícios de habitação*”, Edições Orion, Lisboa, 1998
- [Coelho, 2002] Coelho A.L., “*Fundamentos da segurança contra incêndio em edifícios*”, LNEC, Lisboa, 2002
- [Coté, Harrington, 2009] Coté R., Harrington G., “*Life Safety Code Handbook*”, Eleventh Edition, National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts, 2009
- [Craighead, 2009] Craighead, G.; “*High-Rise Security and Fire Life Safety*”, Third Edition, Butterworth-Heinemann, Elsevier, 2009
- [Croce *et al*, 2008] Croce, P., Grosshandler, W., Bukowski, R., Gritzo, L., “*The International Forum of Fire Research Directors - A position paper on performance-based design for fire code applications*”, Fire Safety Journal, Elsevier, 2008
- [De Moivre, 1756] De Moivre, A., “*The Doctrine of Chances: or, A Method of Calculating the Probabilities of Events in Play.*” The Third Edition, London, Printed for A. Millar, in the Strand, MDCCLVI
- [DL224, 2015] Decreto-Lei n.º 224/2015 de 9 de Outubro, Diário da República, 1.ª série – N.º 198
- [Drysdale, 1999] Drysdale, D.; “*An introduction to fire dynamics*”, Second edition, John Wiley & Sons, 1999
- [Fernandes, 2008] Fernandes, M.; “*Desenfumagem (controlo de fumo) em edifícios de grande extensão*”, Relatório de Projecto submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008
- [Fernandes, 2009] Fernandes, R.C., “*Regulação na Protecção e Socorro: Segurança contra Incêndios em Edifícios*”, Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Administração e Políticas Públicas. Instituto Universitário de Lisboa - Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa. Lisboa, 2009
- [Fitzgerald, 1997] Fitzgerald, R.W., “*Fundamentals of Fire Safe Building Design*”, National Fire Protection Association, 1997
- [Germano, 2017] Germano, R.; “*Segurança Contra Incêndios em Parques de Estacionamento*”, Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2017
- [Gomes, 2005] Gomes, A.; “*Ventilação Tática*”, Volume XII, 3.ª edição, Escola Nacional de Bombeiros, Sintra, 2005
- [Guerra *et al*, 2004] Guerra, A., Coelho, J., Leitão, R.; “*Fenomenologia da combustão e extintores*”, Manual de Formação Inicial do Bombeiro, Volume VII, Escola Nacional de Bombeiros, 2004
- [Harrison, 2004] Harrison, R.; “*Smoke Control in Atrium Buildings: A Study of the Thermal Spill Plume*”, Fire Engineering Research Thesis, University of Canterbury, 2004
- [Heselden, Baldwin, 1974] Heselden, A., Baldwin, R., “*The Movement and Control of Smoke on Escape Routes in Buildings*”, Fire Research Station, Building Research Establishment, 1974
- [Hinkley, 1971] Hinkley, P.L., “*Some notes on the control of smoke in enclosed shopping centres*”, Fire Research Note No. 875, 1971
- [Hoare, 2006] Hoare, M.; “*Fire Safety Guide for Houses in Multiple Occupation and Other Dwellings*”, Decent & Safe Homes East Midlands, September 2006
- [INRS, 2009] Lesné, P., Mauguen, G., Falcy, M., Sallé, B., Petit, J.M.; “*Désenfumage, Sécurité incendie sur les lieux de travail*”, L’Institut national de recherche et de sécurité, 2009
- [IPQ, 2009] Instituto Português da Qualidade, “*NP EN1991-1-5:2009. Eurocódigo 1 – Acções em estruturas. Parte 1-4 – Acções gerais. Acções térmicas*”, Instituto Português da Qualidade, Caparica, 2009
- [IPQ, 2009a] Instituto Português da Qualidade, “*NP EN1990:2009. Eurocódigo – Bases para o projecto de estruturas*”, Instituto Português da Qualidade, Caparica, 2009
- [IPQ, 2010] Instituto Português da Qualidade, “*NP EN1991-1-4:2010. Eurocódigo 1 – Acções em estruturas. Parte 1-4 – Acções gerais. Acções do vento*”, Instituto Português da Qualidade, Caparica, 2010
- [ISO 12006-3, 2007] ISO 12006-3:2007; “*Building construction -- Organization of information about construction works -- Part 3: Framework for object-oriented information*”, International Organization for Standardization, Geneva, 2007
- [ISO 16739, 2013] ISO 16739:2013; “*Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries*”, International Organization for

- Standardization, Geneva, 2013
- [ISO 29481, 2016] ISO 29481-1:2016; “*Building information models -- Information delivery manual -- Part 1: Methodology and format*”, International Organization for Standardization, Geneva, 2016
- [IT246, 2004] Ministère de l’intérieur, de la Sécurité Intérieure et des Libertés locales; “*Instruction Technique IT 246 Relative au désenfumage des Établissements Recevant du Public*”, Arrêté du 22 mars 2004, paru au J.O. du 1er avril 2004
- [LNEC, 2002] LNEC; “*Segurança contra incêndio em edifícios*”. Cadernos de Edifícios n.º 1, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 2002
- [Jones, 2010] Jones, C.; “*Dictionary of Fire Protection Engineering*”, Whittles Publishing, 2010
- [Kawagoe, 1958] Kawagoe, K., “*Fire behaviour in rooms*”, Report No. 27, Building Research Institute, Tokyo, 1958
- [Klote, 1984] Klote, J.H., “*Smoke control for elevators*”, ASHRAE, 1984
- [Klote, Fothergill, 1983] Klote, J.H., Fothergill, J.W., “*Design of smoke control systems for buildings*”, American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers, Atlanta, GA, 1983
- [Klote, Milke, 1992] Klote, J.H., Milke, J.A., “*Design of smoke management Systems*”, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Atlanta, GA, 1992
- [Kobes et al, 2010] Kobes, M., Helsboot, I., De Vries, B., Post, J., “*Building safety and human behaviour in fire: A literature review*”, Fire Safety Journal, 2010
- [Kruppa, Joyeux, 1998] Kruppa, J., Joyeux, D., “*Proposal For A Real Performance Based Code In Fire Resistance*”, Eurofire, 1998
- [Kruppa, Zhao, 2004] Kruppa, J., Zhao, B.; “*Structural behaviour of an open car park under real fire scenarios*”, FAM Fire and Materials – An International Journal, Volume 28, Issue2-4, 2004
- [Kruppa et al, 2006] Kruppa, J., Joyeux, D., Zhao, B.; “*Scientific Background to the Harmonization of Structural Eurocodes*” Heron (NL) Volume 50, N.º. 4, 2005
- [Kruppa, Sedlacek, 2008] Kruppa, J., Sedlacek, G.; “*Needs to achieve improved fire protection as regards the EN Eurocodes*”, JRC/European Commission, EUR 23523 EN, 2008
- [Li, Chow, 2012] Li, J., Chow, W.K.; “*Wind Effect on Smoke Exhaust by Natural Vent*”, The 2012 World Congress on Advances in Civil, Environmental, and Materials Research, 2012
- [Lie, McGuire, 1973] Lie, T., McGuire, J., “*Control of Smoke in High-Rise Buildings*”, Division of Building Research, National Research Council of Canada, 1973
- [Merone, 2011] Merone, R.N., “*Wind effects on atria fires*,” Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 2011
- [Milke, 1990] Milke, J.A., “*Smoke management for covered malls and atria*”, Fire Technology, 1990
- [Montgomery, Runger, 2003] Montgomery D., Runger G., “*Applied Statistics and Probability for Engineers*”, Third Edition, John Wiley & Sons, New York, 2003
- [Morgan et al, 1999] Morgan, H.P., Ghosh, B.K., Garrad, G., Pamlitschka, R., De Smedt, J.C., Schoonbaert, L.R., “*Design methodologies for smoke and heat exhaust ventilation*”, BRE Report 368, 1999
- [Mowrer et al, 2004] Mowrer, F., Milke, J., Torero, J.; “*A Comparison of Driving Forces for Smoke Movement in Buildings*”, Journal of Fire Protection Engineering, Vol. 14, 2004
- [Neto, 1995] Neto, L. “*Condições de Segurança Contra Incêndio*”, Ministério da Saúde, Brasil, 1995
- [Neves, 2004] Neves, C. “*A Segurança contra incêndio em edifícios - visão integrada*” Instituto Superior Técnico, 2004
- [NFPA, 1991] National Fire Protection Association, “*Smoke management systems in malls, atria and large areas*”, 1991 edition. Publication No.92B. Quincy MA, USA, NFPA, 1991
- [NFPA, 2007] National Fire Protection Association, “*Guide on Alternative Approaches to Life Safety*”. NFPA 101A, National Fire Protection Association, 2007 Edition, Boston, USA, 2007
- [NFPA, 2018] National Fire Protection Association, “*Life Safety Code*”, NFPA 101, National Fire Protection Association, 2018 Edition,, NFPA, Boston, USA, 2018
- [NFPA, 2018a] National Fire Protection Association, “*Fire Code*”, NFPA 1, National Fire Protection Association, 2018 Edition,, NFPA, Boston, USA, 2018
- [PAS 1192-2, 2013] PAS 1192-2:2013; “*Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling*”, British Standards Institution, 2013
- [Pedroso, 2016] Pedroso, V.; “*Sistemas de Combate a Incêndios em Edifícios de acordo com a nova*

- regulamentação*”, 4ª ed. LNEC, 2016
- [Pignatta e Silva et al, 2008] Pignatta e Silva, V., Seito, A., Gill, A., Pannoni, F., Ono, R., Silva, S., Del Carlo, U.; “*A Segurança contra incêndio no Brasil*”. Projeto Editora, São Paulo, Brasil, 2008
- [Pinhal, 2010] Pinhal, B.; “*Controlo de fumos – Evolução e tendências*”, Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil — Especialização em Construções, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2010
- [Portaria 64, 2009] Portaria n.º 64/2009 de 22 de Janeiro, Diário da República, 1.ª série – N.º 15
- [Portaria 136, 2011] Portaria n.º 136/2011 de 5 de Abril, Diário da República, 1.ª série – N.º 67
- [Proulx, 1995] Proulx, G., “*Evacuation Time and Movement in Apartment Buildings*”, Fire Safety Journal, 1995
- [Purkis, 1996] Purkis, J.A.; “*Fire Safety Engineering – Design of Structures*”, Butterworth Heinemann, 1996
- [Purser, 2001] Purser, D., “*Quantification of behaviour for engineering design standards and escape time calculations*”, Safety Science, 2001
- [Quintiere, 2006] Quintiere, J., “*Fundamentals of Fire Phenomena*”, University of Maryland, USA, John Wiley & Sons Ltd, 2006
- [Ramos, 2003] Ramos H.D.; “*Sopros de Risco: Teoria e Prática do Controlo de Fumo em Incêndios nos Edifícios*”, Lisboa, Hader, 2003
- [Ramos, 2012] Ramos, P.; “*Comparison of the Fire Safety Regulation in the European Community – Proposal for a Global Regulation*”, Universidade de Coimbra, 2012
- [Ramos, 2016] Ramos, P.; “*Apresentação: A importância do controlo de fumo em edifícios industriais e armazéns*”, 5ª conferência de segurança – Proteger 2016, 2016
- [Ramos, Rodrigues, 2011] Ramos P., Rodrigues J.; “*Análise pelo desempenho das disposições regulamentares de controlo de fumo em vias de evacuação horizontais*”, 2ª Jornadas de Segurança aos Incêndios Urbanos, Universidade de Coimbra, 2011
- [Real Decreto 2267, 2004] Real Decreto 2267/2004, “*Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales*”, Ministerio del Interior, España, 2004
- [Real Decreto 314, 2006] Real Decreto 314/2006, de 17 de Marzo, “*Código Técnico de la Edificación*”, Ministerio del Interior, España, 2006
- [Rebello, 2010] Rebello, L.; “*Sistemas de Automação e Manutenção de edifícios – Conceção de sistemas de deteção e protecção contra incêndios de uma unidade hoteleira*”, Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2010
- [RJ-SCIE, 2008] Decreto-Lei n.º 220/2008 de 12 de Novembro, Diário da República, 1.ª série – N.º 220
- [Roberto, Castro, 2010] Roberto, A.P., Castro, C.F., “*Manual de Exploração de Segurança Contra Incêndio em Edifícios*”, APSEI - Associação Portuguesa de Segurança Electrónica e de Protecção Incêndio. Lisboa, 2010
- [Rodrigues, 2011] Rodrigues, A., “*Comparação das medidas de autoprotecção exigíveis, face ao enquadramento legal na área de segurança contra incêndio em edifícios*”, Dissertação elaborada com vista à obtenção do grau de Mestre na especialidade em Ergonomia, Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Motricidade Humana, 2011
- [RT-SCIE, 2008] Portaria n.º 1532/2008 de 29 de Dezembro, Diário da República, 1.ª série – N.º 250
- [Santos, 2010] Santos, E.; “*Verificação da segurança contra incêndio num edifício escolar*”, Universidade de Aveiro, 2010
- [Senveli et al, 2015] Senveli, A., Dizman, T., Celen, A., Bilge, D., Dalkilic, A., Wongwises, S.; “*CFD Analysis of Smoke and Temperature Control System of an Indoor Parking Lot with Jet Fans*”, Journal of Thermal Engineering, Vol. 1, No. 2, pp. 116-130, Yildiz Technical University Press, Istanbul, Turkey, 2015
- [SFPE, 2002] DiNunno, P.J., Drysdale, D., Beyler, C.L., Walton, W.D., Custer, R.L.P., Hall, J.R., Watts, J.M.; “*SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*”, Third Edition, National Fire Protection Association, 2002
- [SFPE, 2015] Hurley M.J., Rosenbaum E.R.; “*Performance-Based Fire Safety Design*”, SFPE – CRC Press, Taylor & Francis Group, 2015
- [SFPE, 2016] Hurley M.J.; “*SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*”, Fifth Edition, Springer, 2016
- [SIH, 2007] SIH - L’air Et La Lumière; “*Résumé De La Réglementation Du Désenfumage Naturel*”, Document n°41996-07-07, SIH, 2007

- [Tamura, 1970] Tamura, G.T.; “*Computer Analysis Of Smoke Movement In Tall Buildings*”, National Research Council of Canada, 1970
- [UE, 2014] Directiva 2014/24/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 26 de fevereiro de 2014
- [Vasconcelos, 2008] Vasconcelos, J., “*Método de estabelecimento de medidas de segurança contra incêndio, ordenadas em função da razão eficácia / custo*”, Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Ambiente, Saúde e Segurança, Universidade dos Açores, 2008
- [Viegas, 2006] Viegas, J.C.; “*Controlo de fumo em Edificações*”, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2006
- [Vilar, 2010] Vilar, F.; “*Segurança Contra Incêndio Em Parques De Estacionamento Cobertos*”, Relatório de Projecto submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2010
- [Williams *et al*, 1999] Williams, C., Perera, E., Morgan, H., Harrison, R., Ferguson, A.C.B., “*Natural ventilation in atria for environment and smoke control: an introductory guide*”, BRE Report 375, 1999
- [Wolski *et al*, 2000] Wolski, A., Dembsey, N., Meacham, B., “*Accommodating perceptions of risk in performance-based building fire safety code development*”, Fire Safety Journal, 2000
- [Zhang *et al*, 2014] Zhang, X., Wang, S., Wang, J., Giacomo, R., “*A Simplified Model to Predict Smoke Movement in Vertical Shafts During a High-Rise Structural Fire*”, Journal of Engineering Science and Technology Review 7 (2) (2014) 29 – 38, 2014
- [Zhang *et al*, 2014a] Zhang, C., Chen, S., Chow, W.; “*Wind effects on the smoke spread of high-rise buildings*”, Advances in Civil, Environmental and Materials Research, 2014

## **ANEXO I – CRITÉRIOS REGULAMENTARES DE DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE CONTROLO DE FUMO PASSIVOS**

Verte-se, nos parágrafos seguintes, os artigos do RT-SCIE pertinentes para o dimensionamento de sistemas de Controlo de Fumo Passivos, sublinhando os aspectos mais relevantes e complementando, entre parêntesis, as definições do RT-SCIE e do RJ-SCIE necessárias à total compreensão do articulado.

### *CAPÍTULO IV – Controlo de fumo*

#### *SECÇÃO I – Aspectos gerais*

#### ***Artigo 133.º Critérios de segurança***

*Os edifícios devem ser dotados de meios que promovam a libertação para o exterior do fumo e dos gases tóxicos ou corrosivos, reduzindo a contaminação e a temperatura dos espaços e mantendo condições de visibilidade, nomeadamente nas vias de evacuação*

#### ***Artigo 134.º Métodos de controlo de fumo***

*1 — O controlo do fumo produzido no incêndio pode ser realizado por varrimento ou pelo estabelecimento de uma hierarquia relativa de pressões, com subpressão num local sinistrado relativamente aos locais adjacentes, com o objectivo de os proteger da intrusão do fumo.*

*2 — A desenfumagem pode ser passiva, quando realizada por tiragem térmica natural, ou activa, nos casos em que se utilizem meios mecânicos.*

*3 — As instalações de desenfumagem passiva compreendem aberturas para admissão de ar e aberturas para libertação do fumo, ligadas ao exterior, quer directamente, quer através de condutas.*

*4 — Não é permitido o recurso a desenfumagem passiva em locais amplos cobertos, incluindo pátios interiores e átrios, com altura superior a 12 m.*

*5 — Nas instalações de desenfumagem activa, o fumo é extraído por meios mecânicos e a admissão de ar pode ser natural ou realizada por insuflação mecânica.*

*6 — As instalações de ventilação e de tratamento de ar dos edifícios podem participar no controlo do fumo produzido no incêndio, desde que sejam satisfeitas as exigências expressas neste capítulo.*

#### ***Artigo 135.º Exigências de estabelecimento de instalações de controlo de fumo***

*1 — Devem ser dotados de instalações de controlo de fumo:*

- a) *As vias verticais de evacuação enclausuradas;*
- b) *As câmaras corta-fogo;*
- c) *As vias horizontais a que se refere o n.º 1 do artigo 25.º<sup>a(1)</sup>;*
- d) *Os pisos situados no subsolo, desde que sejam acessíveis a público ou que tenham área superior a 200 m<sup>2</sup>, independentemente da sua ocupação;*
- e) *Os locais de risco B<sup>(2)</sup> com efectivo superior a 500 pessoas;*
- f) *Os locais de risco C<sup>(3)</sup> referidos no n.º 3 do artigo 11.º do Decreto-lei n.º 220/2008, de 12 de Novembro;*
- g) *As cozinhas na situação prevista no n.º 2 do artigo 21.º<sup>a(5)</sup>;*
- h) *Os átrios e corredores adjacentes a pátios interiores, nas condições previstas na alínea a) do n.º 1 do artigo 19.º<sup>a(6)</sup>, no caso de serem cobertos;*
- i) *Os espaços cobertos afectos à utilização-tipo II<sup>(10)</sup>;*
- j) *Os espaços afectos à utilização-tipo XII<sup>(11)</sup>, cumprindo as respectivas condições específicas;*
- l) *Os espaços cénicos isoláveis, cumprindo as respectivas condições específicas.*

2 — *O controlo de fumo em vias verticais enclausuradas de evacuação de edifícios com altura superior a 28 m deve ser efectuado por sistemas de sobrepressão, que devem ser duplicados por sistemas de desenfumagem passiva de emergência com manobra reservada aos bombeiros.*

3 — *O controlo de fumo em vias de evacuação horizontais enclausuradas de edifícios com altura superior a 28 m deve ser efectuado por sistemas activos de arranque automático, podendo a admissão de ar ser efectuada a partir do exterior ou pela câmara corta-fogo.*

4 — *O controlo de fumo em cozinhas, na situação prevista no n.º 2 do artigo 21.º<sup>a(5)</sup>, deve ser efectuado por sistemas de desenfumagem activa, devendo ser instalados painéis de cantonamento dispostos entre as cozinhas e as salas de refeições.*

5 — *O controlo de fumo em pisos enterrados, sendo mais do que um piso abaixo do plano de referência, faz-se sempre por recurso a meios activos, de preferência por hierarquia de pressões.*

6 — *As escadas que servem pisos no subsolo, desde que a sua saída não seja directamente no exterior, devem ser pressurizadas.*

7 — *Nos recintos itinerantes ou provisórios, a entidade fiscalização competente pode exigir a instalação de meios de desenfumagem activa, nos casos em que sejam previstos tempos de implantação do recinto num mesmo local superiores a seis meses.*

**Artigo 136.º Localização das tomadas exteriores de ar e das aberturas para descarga de fumo**

1 — As tomadas exteriores de ar, através de vãos de fachada ou bocas de condutas, devem ser dispostas em zonas resguardadas do fumo produzido pelo incêndio.

2 — As aberturas para descarga do fumo, através de exutores, vãos de fachada e bocas de condutas, devem ser dispostas de acordo com as exigências expressas no presente regulamento para as clarabóias em coberturas, ou para as aberturas de escape de efluentes de combustão, consoante o caso.

3 — Nas instalações de controlo de fumo podem ser considerados os vãos de fachada que possam abrir segundo um ângulo superior a 60º, devendo situar-se no terço superior do espaço quando se destinem à evacuação do fumo.

**Artigo 137.º Características das bocas de ventilação interiores**

1 — As bocas de admissão de ar e as de extracção de fumo dispostas no interior do edifício devem permanecer normalmente fechadas por obturadores, excepto nos casos em que sirvam condutas exclusivas de um piso nas instalações de ventilação e de tratamento de ar que participem no controlo de fumo.

2 — Os obturadores referidos no número anterior devem ser construídos com materiais da classe A1 e possuir uma resistência E ou EI, consoante realizem admissão ou extracção, de escalão igual ao requerido para as condutas respectivas.

**Artigo 138.º Características das condutas**

1 — As condutas das instalações devem ser construídas com materiais da classe A1 e garantir classe de resistência ao fogo padrão igual à maior das requeridas para as paredes ou pavimentos que atravessem, mas não inferior a EI 15, ou ser protegidas por elementos da mesma classe.

2 — No caso de alojamento das condutas em ductos, estes só podem conter quaisquer outras canalizações ou condutas se aquelas assegurarem a resistência ao fogo exigida no número anterior.

**Artigo 139.º Determinação da área útil de exutores, vãos e aberturas de saída de fumo**

A área útil dos exutores e a sua aplicação devem obedecer à EN 12101-2:2003 — sistemas para controlo de fumo e de calor — Parte 2: Especificações para fumo natural e ventiladores para extracção de calor.

**Artigo 140.º Comando das instalações**

1 — As instalações de controlo de fumo devem ser dotadas de sistemas de comando manual, duplicados por comandos automáticos quando exigido, de forma a assegurar:

a) A abertura apenas dos obturadores das bocas, de insuflação ou de extracção, ou dos exutores do local ou da via sinistrada;

b) A paragem das instalações de ventilação ou de tratamento de ar, quando existam, a menos que essas instalações participem no controlo de fumo;

c) O arranque dos ventiladores de controlo de fumo, quando existam.

2 — Nos sistemas de comando manual, os dispositivos de abertura devem ser accionáveis por comandos devidamente sinalizados, dispostos na proximidade dos acessos aos locais, duplicados no posto de segurança, quando este exista.

3 — Os sistemas de comando automático devem compreender detectores de fumo, quer autónomos, quer integrados em instalações de alarme centralizadas, montados nos locais ou nas vias.

4 — Nos locais ou vias de evacuação para os quais se exigem instalações de alarme compreendendo detectores automáticos de incêndio, as instalações de controlo de fumo devem ser dotadas de comando automático.

5 — Nas instalações dotadas de comando automático deve ser assegurado que a entrada em funcionamento da instalação num local ou num cantão bloqueie a possibilidade de activação automática da mesma instalação noutra local, devendo contudo permanecer a possibilidade de controlo de fumo noutros locais, por comando manual.

6 — A restituição dos obturadores, ou dos exutores, à sua posição inicial deve ser efectuada, em qualquer caso, por dispositivos de accionamento manual.

7 — Nos locais equipados com sistemas de extinção automática por água deve ser assegurado que as instalações de desenfumagem entrem em funcionamento antes daqueles.

## **SECÇÃO II – Instalações de desenfumagem passiva**

### **Artigo 141.º Admissão de ar**

A admissão de ar para desenfumagem pode ser realizada por meio de:

a) Vãos dispostos em paredes exteriores, cuja parte superior se situe a uma altura até 1 m do pavimento, ou confinando com locais amplamente arejados;

b) Bocas de admissão, ligadas a tomadas exteriores de ar eventualmente através de condutas.

### **Artigo 142.º Evacuação de fumo**

1 — A evacuação do fumo pode ser realizada por meio de:

a) Vãos dispostos em paredes exteriores cuja parte inferior se situe, pelo menos, a uma altura de 1,8 m do pavimento;

b) Exutores de fumo;

c) Bocas de extracção cuja parte inferior se situe, pelo menos, a uma altura de 1,8 m do pavimento, ligadas a aberturas exteriores, eventualmente através de condutas.

2 — As condutas das instalações de desenfumagem passiva devem possuir:

a) Secção mínima igual ao somatório das áreas livres das bocas que servem em cada piso;

b) Relação entre dimensões transversais não superior a dois, exigência que também se aplica às bocas que servem.

3 — As condutas colectoras verticais não devem comportar mais de dois desvios, devendo qualquer deles fazer com a vertical um ângulo máximo de 20°.

4 — Em cada piso, o comprimento dos ramais horizontais de ligação à conduta colectora vertical não deve exceder 2 m, a menos que seja justificado pelo cálculo que a tiragem requerida é assegurada.

5 — Para os cálculos referidos no número anterior, o fumo deve ser considerado à temperatura de 70 °C, o ar exterior à temperatura de 15 °C e a velocidade nula.

#### **SECÇÃO IV – Controlo de fumo nos pátios interiores e pisos ou vias circundantes**

##### **Artigo 148.º Métodos aplicáveis**

1 — *Consideram-se naturalmente desenfumados os pátios descobertos.*

2 — *O controlo de fumo nos pátios interiores cobertos prolongados até ao topo do edifício pode ser realizado por desenfumagem passiva ou activa.*

##### **Artigo 149.º Instalações de desenfumagem dos pátios interiores**

1 — *Nas instalações de desenfumagem passiva, as aberturas para admissão de ar devem ser colocadas na zona inferior do pátio e o mais baixo possível.*

2 — *As aberturas para evacuação de fumo devem consistir em exutores dispostos na sua cobertura.*

3 — *Caso existam paredes exteriores sobranceiras à cobertura com vãos não protegidos os exutores devem respeitar a distância mínima de 4 m a essas paredes.*

4 — *Excepcionalmente podem ser considerados vãos de evacuação de fachada, desde que estejam situados no terço superior do pátio e não contribuam com mais de um terço para a área total útil das aberturas de evacuação.*

5 — *A área total útil das aberturas para evacuação não deve ser inferior a 5 % da maior das secções horizontais do pátio, medidas em planta.*

6 — As instalações devem dispor de:

a) Comando automático a partir de detectores ópticos lineares de absorção instalados na zona superior do pátio e, no caso de pátios com altura superior a 12 m, de detectores idênticos instalados a média altura;

b) Comando manual de recurso, devidamente sinalizado, accionável a partir do piso principal.

7 — Devem ser dispostos painéis de cantonamento ao longo do perímetro do pátio que confine com vias horizontais servindo locais de risco A<sup>(4)</sup> ou B<sup>(2)</sup>, para garantir uma altura livre de fumos mínima de 2 m, na desenfumagem dessas vias.

8 — São permitidas instalações de desenfumagem activa, desde que produzam resultados equivalentes aos das instalações referidas nos números anteriores.

9 — No caso de existirem espaços do edifício com aberturas para o pátio dotados de instalações de desenfumagem activa, devem ser previstos painéis de cantonamento entre tais espaços e o pátio.

#### **Artigo 150.º Instalações de desenfumagem nos pisos ou vias circundantes de pátios interiores cobertos**

1 — O controlo de fumo nos pisos dos pátios interiores cobertos abertos pode efectuar-se por meios activos e por hierarquização de pressões, mantendo o piso sinistrado em depressão relativamente aos restantes, devendo ser cumprido o referido no n.º 9 do artigo anterior.

2 — Quando nos pátios interiores cobertos fechados existirem locais de risco D<sup>(7)</sup> e E<sup>(8)</sup>, as vias horizontais de evacuação que os circundam devem cumprir as disposições aplicáveis constantes do artigo 19.º<sup>(6,9)</sup> e ser desenfumadas.

### **SECÇÃO V – Controlo de fumo nos locais sinistrados**

#### **Artigo 151.º Métodos aplicáveis**

O controlo de fumo nos locais sinistrados pode ser realizado por desenfumagem passiva ou activa.

#### **Artigo 152.º Cantões de desenfumagem**

1 — Os locais não compartimentados, cuja área seja superior a 1 600 m<sup>2</sup> ou em que uma das suas dimensões lineares exceda 60 m, devem ser divididos em cantões de desenfumagem, preferencialmente iguais, cujas dimensões não ultrapassem aqueles valores.

2 — As disposições constantes do número anterior aplicam-se independentemente do método de desenfumagem ser activo ou passivo.

3 — *Constituem excepção ao disposto no n.º 1 do presente artigo os espaços afectos à utilização-tipo II<sup>(10)</sup>, onde não são exigidos cantões de desenfumagem.*

#### **Artigo 153.º Instalações de desenfumagem passiva**

1 — *Nas instalações de desenfumagem passiva, as aberturas para admissão de ar devem ser instaladas totalmente na zona livre de fumo e o mais baixo possível, enquanto que as aberturas para evacuação de fumo se devem dispor totalmente na zona enfumada e o mais alto possível.*

2 — *O somatório das áreas livres das aberturas para admissão de ar deve situar-se entre metade e a totalidade do somatório das áreas livres das aberturas para evacuação de fumo.*

3 — *Se o declive do tecto não for superior a 10 %, a distância, medida em planta, de um ponto do local a uma abertura de evacuação de fumo não deve ser superior a sete vezes o pé-direito de referência, com um máximo de 30 m.*

4 — *Se o declive do tecto for superior a 10 %, as aberturas para evacuação devem ser localizadas integralmente acima do pé-direito de referência e o mais alto possível.*

5 — *No caso de bocas de evacuação ligadas a condutas verticais, o comprimento das condutas deve ser inferior a 40 vezes a razão entre a sua secção e o seu perímetro.*

6 — *Quando, no mesmo local, existirem exutores e vãos de evacuação de fachada, estes apenas podem contribuir com um terço para a área total útil das aberturas de evacuação.*

7 — *A área total útil das aberturas para evacuação deve ser objecto de cálculo devidamente fundamentado.*

8 — *Consideram-se naturalmente ventilados e desenfumados por meios passivos:*

a) *Os locais que apresentem fenestração directa para o exterior, desde que os respectivos vãos possam ser facilmente abertos e as vias de acesso sejam desenfumadas;*

b) *Os pisos dos parques de estacionamento cobertos abertos;*

c) *Os pisos dos parques de estacionamento semienterrados onde, sobre duas fachadas opostas, seja possível garantir aberturas de admissão de ar, ventilação baixa, e saída de fumo, ventilação alta, cujas bocas em ambos os casos tenham dimensões superiores a 0,06 m<sup>2</sup> por lugar de estacionamento, em condições que garantam um adequado varrimento;*

d) *Os parques de estacionamento da 1.ª categoria de risco<sup>(12)</sup>, desde que possuam condições para garantir um adequado varrimento.*

## **SECÇÃO VI – Controlo de fumo nas vias horizontais de evacuação**

### **Artigo 155.º Métodos aplicáveis**

O controlo de fumo nas vias horizontais de evacuação pode ser realizado por desenfumagem passiva, por desenfumagem activa ou por sobrepresão relativamente ao local sinistrado.

### **Artigo 156.º Controlo por desenfumagem passiva**

1 — Nas instalações de desenfumagem passiva, as aberturas para admissão de ar e evacuação de fumo devem ser alternadamente distribuídas.

2 — A distância máxima, medida segundo o eixo da circulação, entre duas aberturas consecutivas de admissão e evacuação deve ser de 10 m nos percursos em linha recta e de 7 m nos restantes percursos.

3 — Qualquer saída de um local de risco não situada entre uma abertura de admissão e outra de escape deve distar, no máximo, 5 m desta última.

4 — As aberturas para admissão de ar não devem ser em número inferior às destinadas ao escape de fumo e qualquer destas últimas aberturas deve ter a área livre mínima de 0,10 m<sup>2</sup> por unidade de passagem de largura da via.

5 — Os vãos de fachada podem ser equiparados a bocas de admissão e extracção simultâneas, sendo a área livre considerada para extracção compreendida na zona definida no n.º 1 do artigo 144.<sup>o(13)</sup> e a área livre considerada para admissão compreendida fora daquela zona.

6 — No posicionamento dos vãos de fachada deve ter-se em conta a eventual acção do vento, dispondo-os de forma a permitirem o varrimento das vias horizontais de evacuação por acção das diferenças de pressão estabelecidas pelo vento em fachadas diferentes.

7 — Não é permitido efectuar ligações a uma mesma conduta vertical destinada a evacuação de fumo por meios passivos em mais do que cinco pisos sucessivos.

## **SECÇÃO VII – Controlo de fumo nas vias verticais de evacuação**

### **Artigo 159.º Métodos aplicáveis**

1 — O controlo de fumo nas vias verticais de evacuação, normalmente caixas de escada, apenas pode ser realizado por desenfumagem passiva ou por sobrepresão relativamente aos espaços adjacentes.

2 — Não é permitida a extracção forçada de fumo em vias verticais de evacuação.

### **Artigo 160.º Controlo por desenfumagem passiva**

1 — Nas instalações de *desenfumagem passiva*, o arejamento deve ser assegurado por aberturas dispostas no topo e na base das vias verticais, nos termos dos n.ºs 2 a 6 do presente artigo.

2 — A abertura superior deve ser permanente, ou estar equipada com um exutor de fumo, e ter uma área livre não inferior a 1 m<sup>2</sup>.

3 — O exutor referido no número anterior pode permanecer normalmente fechado, devendo ser dotado de um dispositivo de comando manual de abertura, instalado no interior da escada ao nível do acesso.

4 — O somatório das áreas livres das aberturas inferiores deve ser, no mínimo, igual à da abertura superior.

5 — É admissível o recurso à *desenfumagem passiva* para a *desenfumagem* das escadas servindo pisos enterrados e com saída directa no exterior, desde que:

a) Exista uma grelha permanente com 1 m<sup>2</sup> de área útil ao nível da saída, na parte superior da porta ou junto à laje de tecto;

b) Seja admitido, na parte inferior do piso de cota mais baixa, um caudal de ar de compensação não inferior a 0,8 m<sup>3</sup>/s, ou exista admissão do ar por meios passivos devidamente dimensionada.

6 — Nos casos em que seja exigida câmara corta-fogo, 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 m<sup>2</sup>.

7 — Admite-se que, nas instalações de *desenfumagem passiva*, o arejamento possa ser assegurado exclusivamente por vãos dispostos em todos os patamares intermédios cujas áreas úteis por patamar sejam superiores a 0,25 m<sup>2</sup>.

8 — No caso previsto no número anterior, 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.

**Definições auxiliares:**

<sup>(1)</sup>a) Vias, incluindo átrios, integradas nas comunicações comuns a diversas fracções ou utilizações-tipo da 3.ª e 4.ª categoria de risco ou quando o seu comprimento exceda 30 m; b) Vias cujo comprimento seja superior a 10 m, compreendidas em pisos com uma altura acima do plano de referência superior a 28 m ou em pisos abaixo daquele plano; c) Vias incluídas nos caminhos horizontais de evacuação de locais de risco B, nos casos em que esses locais não disponham de vias alternativas; d) Vias incluídas nos caminhos

horizontais de evacuação de locais de risco D; e) Vias, ou troços de via, em impasse com comprimento superior a 10 m, excepto se todos os locais dispuserem de saídas para outras vias de evacuação; f) Galerias fechadas de ligação entre edifícios independentes ou entre corpos do mesmo edifício.

<sup>(2)</sup> 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 equipamentos que contém não envolvam riscos agravados de incêndio;

<sup>(3)</sup> Local que apresenta riscos agravados de eclosão e de desenvolvimento de incêndio devido, quer às actividades nele desenvolvidas, quer às características dos produtos, materiais ou equipamentos nele existentes, designadamente à carga de incêndio;

<sup>(4)</sup> 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 equipamentos que contém não envolvam riscos agravados de incêndio;

<sup>(5)</sup> No caso de cozinhas ligadas a salas de refeições, é permitido que apenas os pavimentos, as paredes e as portas na envolvente do conjunto satisfaçam as condições requeridas no número anterior, desde que sejam observadas as disposições de controlo de fumo aplicáveis.

<sup>(6)</sup> As suas dimensões em planta permitam inscrever um cilindro dimensionado em função da altura do pátio  $H$ , expressa em metro, cujo diâmetro seja igual ou superior a: i)  $H$ , para  $H \leq 7$  m, com um mínimo de 4 m; ii)  $\sqrt{7H}$ , para  $H > 7$  m;

<sup>(7)</sup> local de um estabelecimento com permanência de pessoas acamadas ou destinado a receber crianças com idade não superior a seis anos ou pessoas limitadas na mobilidade ou nas capacidades de percepção e reacção a um alarme;

<sup>(8)</sup> Local de um estabelecimento destinado a dormida, em que as pessoas não apresente as limitações indicadas nos locais de risco D;

<sup>(9)</sup> b) As paredes do edifício que confinem com esse pátio, cumpram as condições de limitação de propagação do fogo estabelecidas no artigo 7.º; c) No caso de pátios

*cobertos, todos os revestimentos interiores sejam, pelo menos, da classe de reacção ao fogo A2-s1 d0, para tectos e paredes, e da classe CFL-s2 para os revestimentos de piso;*  
*d) A envolvente de pátios interiores cobertos fechados que os separe de locais do tipo D ou E ou de caminhos de evacuação horizontais que sirvam locais de risco D, tenham resistência ao fogo padrão da classe EI 30 ou superior.*

*(10) 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;*

*(11) 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;*

*(12) Risco reduzido;*

*(13) A extracção do fumo pode ser realizada por ventiladores ou bocas cuja parte inferior se situe, pelo menos, a uma altura de 1,8 m do pavimento, ligadas a ventiladores através de condutas.*

É, portanto, o cumprimento das regras acima citadas aplicáveis para cada caso que garante a legalidade do Dimensionamento de um Sistema de Controlo de Fumo Passivo. Neste contexto regulamentar importa ainda atentar à disposição sobre *Perigosidade atípica*, plasmada no artigo 14.º do RJ-SCIE. Enuncia a referida que *Quando comprovadamente, as disposições do regulamento técnico a que se refere o artigo 15.º sejam desadequadas face às grandes dimensões em altimetria e planimetria ou às suas características de funcionamento e exploração, tais edifícios e recintos ou as suas fracções são classificados de perigosidade atípica, e ficam sujeitos a soluções de SCIE que, cumulativamente: a) Sejam devidamente fundamentadas pelo autor do projecto, com base em análises de risco, associadas a práticas já experimentadas, métodos de ensaio ou modelos de cálculo; b) Sejam baseadas em tecnologias inovadoras no âmbito das disposições construtivas ou dos sistemas e equipamentos de segurança; c) Sejam explicitamente referidas como não conformes no termo de responsabilidade do autor do projecto; d) Sejam aprovadas pela ANPC.* Ou seja, encontra-se cabimento regulamentar para a elaboração de soluções distintas do estrito cumprimento dos artigos supracitados, tecnicamente mais avançadas, mas sempre mediante a aprovação da entidade competente.

É pertinente observar que o ponto 7 do artigo 153.º determina que *a área total útil das aberturas para evacuação deve ser objecto de cálculo devidamente fundamentado*. Trata-se de uma especificação interessante, embora pouco clara, na medida em que toma um sentido contrário à natureza prescritiva e geométrica das demais regras. Inclusivamente, vem esta prescrição substituir, no pretérito regulamento, a especificação de que tal área deveria ser estabelecida em 0,5% da área interior do local.

É igualmente pertinente referir que para as utilizações-tipo VIII “*Comerciais e gares de transportes*” e XII “*Industriais, oficinas e armazéns*” se definem demais regras, nos artigos 271.º, 272.º e 306.º que, pela especificidade do seu objecto (gares subterrâneas, troços de túnel adjacentes às gares subterrâneas e armazéns com área superior a 400 m<sup>2</sup>) não é pertinente tratar neste trabalho.

Importa observar que as condições que estabelecem a necessidade de cantões de desenfumagem dentro dos compartimentos naturais (área superior a 1600 m<sup>2</sup> ou a maior dimensão em planta – largura ou comprimento – superior a 60 m) excluem a generalidade dos edifícios comuns para os quais se dimensionam sistemas passivos de desenfumagem.

A apreciação e aprovação de um projecto de SCIE podem ser conduzidas pela ANPC ou qualquer outra autoridade licenciadora com poderes para o efeito num determinado âmbito territorial. Conforme recomendações da ANPC [ANPC, 2010a], fundamentada na legislação vigente, tal aprovação pode ser incondicional (tipo A) ou condicional (tipo B), podendo, ainda, ser requerida a vistoria (conforme [ANPC, 2010]) após a materialização da intervenção.

Com efeito, já estão instituídos os mecanismos que permitem o efectivo controlo dos projectos e obras de SCIE, independentemente da maior ou menor autonomia e controlo com que se pretenda enquadrar os projectistas e as abordagens de projecto.

Os esclarecimentos prestados pela ANPC [ANPC, 2010a] relativamente ao ***Controlo de fumo das vias de evacuação horizontais*** complementam os extractos regulamentares acima vertidos, afirmando-se relevantes para o projecto de SCIE. Por esta razão transcreve-se o conjunto de parágrafos pertinente:

*As condições de estabelecimento de instalações de controlo de fumos das vias horizontais, previstas na alínea c) do artigo 135.º do RT-SCIE, à semelhança das condições de isolamento e protecção referidas no título 3.4.2 não são exigidas sempre que se verifiquem cumulativamente as seguintes condições:*

- a) Os locais de risco D correspondam a grupos de quartos, grupos de enfermarias ou grupos de salas, nas condições do n.º 4 do artigo 10.º do Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de Novembro;
- b) Esses locais de risco D obtidos por agrupamento de espaços, constituam um compartimento de fogo com área inferior a 400 m<sup>2</sup>. Este limite de área é um referencial obtido pela leitura do n.º 2 do artigo 22.º do RT-SCIE;
- c) Os corredores que sirvam esses locais sejam circulações exclusivas dos mesmos, nos termos do disposto no n.º 4, do artigo 10.º do RJ-SCIE;
- d) A compartimentação seja feita de forma a seccionar os corredores exclusivos desses locais, em troços de comprimento não superior a 30 m, por extrapolação do disposto na alínea a), do n.º 1, do artigo 25.º do RT-SCIE;
- e) As distâncias a percorrer nesses locais de risco D cumpram as condições definidas no artigo 57.º do RT-SCIE;
- f) A evacuação de cada um dos locais conduza directamente ou através de outro local de risco D a vias de evacuação protegidas ou ao exterior do edifício, conforme o n.º 2 do artigo 60.º do RT-SCIE;
- g) Num mesmo piso os locais de risco D possuam mais de um compartimento de fogo, tanto quanto possível com áreas equitativas.

O raciocínio a que conduzem estas disposições regulamentares pode ser extrapolado para os locais de risco B e E, uma vez que a vulnerabilidade destes edifícios é inferior à dos que possuam locais de risco D.

A transposição destes princípios para espaços de edifícios com locais de risco B e E carece de ter em consideração cumulativamente as seguintes regras de adaptação:

- aa) Os locais de risco B correspondam a grupos de locais de risco A, nos termos do n.º 2, do artigo 10.º do RJ-SCIE. Os locais de risco E correspondam a grupos de quartos, de suítes ou de camaratas, nas condições do n.º 5 do artigo 10.º do RJ-SCIE;
- bb) Esses locais de risco B e E obtidos por agrupamento dos espaços referidos, constituam um compartimento de fogo com área até 400 m<sup>2</sup> por piso. Este limite de área é um referencial obtido pela leitura do n.º 2 do artigo 22.º do RT-SCIE;
- cc) Os corredores que sirvam estes locais de risco E sejam circulações exclusivas dos mesmos, nos termos do disposto no n.º 5, do artigo 10.º do RJ-SCIE. Por extrapolação desta disposição regulamentar, considera-se que os corredores que servem estes locais de risco B também constituam circulações exclusivas;

- dd) A compartimentação seja feita de forma a seccionar os corredores exclusivos desses locais de risco B e E, em troços de comprimento não superior a 30 m, por extrapolação do disposto na alínea a), do n.º1, do artigo 25.º do RT-SCIE;*
- ee) As distâncias a percorrer nesses locais de risco B e E cumpram as condições definidas no artigo 57.º do RT-SCIE;*
- ff) A evacuação de cada um dos locais de risco B ou E conduza directamente, ou através de outro local de risco B ou E, a vias de evacuação protegidas ou ao exterior do edifício, por extrapolação do disposto no n.º 2 do artigo 60.º do RT-SCIE;*
- gg) Num mesmo piso os locais de risco B e E têm de possuir mais de um compartimento de fogo, tanto quanto possível com áreas equitativas, podendo cada um desses espaços obtidos por essa compartimentação pertencer a um compartimento de fogo ocupando três pisos. Neste caso, cada compartimento de fogo deve ter uma área total até 1200 m<sup>2</sup>, com área máxima de 400 m<sup>2</sup> por piso.*

## ANEXO II – INQUÉRITO DIRIGIDO À COMUNIDADE TÉCNICA

### DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE CONTROLO DE FUMO PASSIVOS

#### INQUÉRITO

##### Nota Introdutória

*O presente inquérito enquadra-se num estudo sobre os sistemas passivos de controlo de fumo no actual contexto regulamentar português. Pretende recolher-se as perspectivas, opiniões e experiência das entidades que lidam com a problemática da desenfumagem natural em edifícios na situação de incêndio, nomeadamente Projectistas, Executantes, Bombeiros e Autoridades.*

Entidade inquirida	Identificação:		Nº Inquérito:	
Projectista	Construtor/Instalador	Bombeiros	Autoridade	

#### **Relativamente aos edifícios construídos no período iniciado em 2009 e até à actualidade:**

##### 1. Perguntas gerais (para todos os inquiridos)

- 1.1. Entende que os sistemas passivos de controlo de fumo (desenfumagem natural) funcionam incorrectamente? Encontra problemas ou insuficiências na admissão de ar ou na evacuação de fumo?
- 1.2. Considera que o actual contexto regulamentar, ajustado a edifícios comuns, produz resultados satisfatórios em edifícios incomuns (de volumetria ou forma particulares)?
- 1.3. O que poderia ser feito, no dimensionamento dos sistemas de desenfumagem natural, para melhorar o panorama actual?
  - 1.3.1. Opinião geral;
  - 1.3.2. Localização, número e dimensões das entradas de ar;
  - 1.3.3. Localização, número e dimensões das saídas de fumo;
  - 1.3.4. Localização, número e dimensões das condutas;

## DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE CONTROLO DE FUMO PASSIVOS

### INQUÉRITO

- 1.4. É favorável a que os projectos dos edifícios, ao invés de estarem obrigados a cumprir regras geométricas, passem a ter requisitos de desempenho (objectivos a cumprir, em determinadas condições, independentemente da solução adoptada)?
- 1.5. Actualmente os projectos de segurança contra incêndio são efectuados por técnicos habilitados para o efeito. Contudo não é requerida uma validação externa das soluções dimensionadas. Considera necessária:
  - 1.5.1. A recuperação da vistoria por parte dos Bombeiros às construções?
  - 1.5.2. A instituição da obrigatoriedade da revisão de projectos por parte de outros técnicos?

### 2. Perguntas direccionadas somente aos Projectistas

- 2.1. Considera possível fazer cumprir os requisitos regulamentares referentes aos sistemas passivos de controlo de fumo (nomeadamente os artigos do RT-SCIE) no projecto de qualquer edifício cujos sistemas de controlo de fumo sejam passivos?
- 2.2. Considera vantajosa a hipótese de a regulamentação portuguesa manter uma abordagem prescritiva para edifícios comuns (impondo regras geométricas para entradas de ar e saídas de fumos) e, simultaneamente, permitir que, quando se justifique, as construções possam ser dimensionadas com requisitos de desempenho?

### 3. Perguntas direccionadas somente às Autoridades

- 3.1. Considera vantajosa a hipótese de a regulamentação portuguesa manter uma abordagem prescritiva para edifícios comuns e, simultaneamente, permitir que, quando se justifique, as construções possam ser dimensionadas com requisitos de desempenho?

## Respostas

*Pede-se o favor de, em todas as questões excepto a 1.3, indicar uma primeira resposta de **sim** ou **não** antes da resposta de desenvolvimento.*

Sim/Não

Sim

Não

1.1.

Desenvolvimento

Sim/Não

Sim

Não

1.2.

Desenvolvimento

1.3.1. Desenvolvimento

1.3.2. Desenvolvimento

1.3.3. Desenvolvimento

1.3.4. Desenvolvimento

Sim/Não

Sim

Não

1.4.

Desenvolvimento

Sim/Não

Sim

Não

1.5.1.

Desenvolvimento

## Respostas

*Pede-se o favor de, em todas as questões excepto a 1.3, indicar uma primeira resposta de **sim** ou **não** antes da resposta de desenvolvimento.*

Sim/Não

Sim

Não

1.5.2.

Desenvolvimento

Sim/Não

Sim

Não

2.1.

Desenvolvimento

Sim/Não

Sim

Não

2.2./

3.1.

Desenvolvimento

*Muito obrigado pela sua participação.*