

ESTUDO DA SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO EM FACHADAS VENTILADAS

JOANA FERREIRA DIREITO

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor Miguel Chichorro Gonçalves

JUNHO DE 2011

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2010/2011

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2010/2011 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009.*

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

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Miguel Gonçalves, orientador desta dissertação, pelo apoio e motivação durante todo este percurso, o meu sincero reconhecimento.

Aos meus pais, pelo incansável apoio e persistência durante todo o curso, por tudo o que me ensinaram e continuam a ensinar e pela constante presença ao longo da minha vida.

A toda a minha família e amigos, por se disponibilizarem a ajudar sempre que necessário.

RESUMO

Os sistemas de fachada ventilada apresentam-se como soluções construtivas de isolamento térmico pelo exterior e surgem como resposta às crescentes necessidades de optimização energética. Contudo, do ponto de vista da segurança contra incêndios em edifícios, estas mesmas soluções construtivas podem criar novos riscos de propagação das chamas pela fachada.

Com a presente dissertação pretende-se, atendendo aos problemas detectados no âmbito da Segurança Contra Incêndios em Edifícios, analisar o comportamento ao fogo dos respectivos componentes do sistema de fachada ventilada e os mecanismos de propagação do fogo neste sistema bem como a sua adequabilidade face à nova regulamentação de segurança contra incêndios. Tenha-se ainda em conta que esta nova regulamentação não contempla, na sua generalidade, medidas para todos os riscos associados à solução tecnológica de fachada ventilada.

O trabalho desenvolvido tem como objectivo a análise do comportamento ao fogo de um sistema específico de fachada ventilada, com base no estudo de situações de incêndio já ocorridas e uma posterior extrapolação para outros sistemas de fachadas ventiladas com características semelhantes. Objectivo esse que permite estudar e complementar possíveis novas exigências a promover pelo Regulamento de Segurança Contra Incêndios em Edifícios adequando o quadro legal no que respeita à resistência e reacção ao fogo destas soluções construtivas de carácter não tradicional.

PALAVRAS-CHAVE: sistema de fachada ventilada, segurança, incêndio, reacção ao fogo, regulamento.

ABSTRACT

Ventilated facade systems can be presented as a constructive solution for exterior walls' insulation and which arise as an answer to the growing needs for energy optimization. However, from the point of view of fire safety in buildings these constructive solutions might create new risks of spreading the flames through the facade.

This dissertation intends to, considering the known problems related to fire safety in buildings, analyse the fire reaction of the elements and materials from ventilated facade system and the spread mechanisms of the fire in this system as well as their suitability to the new fire safety regulation. It should not be neglected that these current rules do not cover, in general, measures for all the risks associated to this solution.

The aim of this paper work is the study of a specific ventilated facade system's reaction to the fire, based on previous fire situations and the consequent extrapolation to other ventilated facade systems with similar characteristics. The achievement of this aim might allow to study and complement further new requirements to be approved by the Fire Safety Regulations for buildings adjusting the legal rules concerning the resistance and reaction to the fire of this kind of non traditional solutions.

KEYWORDS: Ventilated facade system, security, fire, reaction to fire, regulation.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
 1. INTRODUÇÃO	 1
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO E OBJECTIVOS	1
1.2. ESTRUTURA DO TRABALHO	3
 2. TECNOLOGIA DE FACHADAS VENTILADAS	 5
2.1. EVOLUÇÃO NA CONCEPÇÃO DE FACHADAS EM PORTUGAL	5
2.2. CONCEITO DE FACHADA VENTILADA	6
2.3. CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FACHADAS VENTILADAS	7
2.3.1. CARACTERIZAÇÃO SEGUNDO O PROCESSO DE FABRICO E MONTAGEM.....	8
2.3.2. CARACTERIZAÇÃO SEGUNDO A CONFIGURAÇÃO DO MATERIAL EMPREGUE NO REVESTIMENTO	8
2.3.3. CARACTERIZAÇÃO SEGUNDO O SISTEMA DE FIXAÇÃO.....	12
2.4. DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS E MATERIAIS UTILIZADOS	13
2.4.1. REVESTIMENTO EXTERIOR	13
2.4.1.1. Painéis em Pedra Natural	13
2.4.1.2. Painéis Cerâmicos	14
2.4.1.3. Painéis de Alumínio Composto	15
2.4.1.4. Painéis Fenólicos	16
2.4.1.5. Painéis em Betão Polímero.....	17
2.4.1.6. Painéis em Vidro	18
2.4.1.7. Painéis Foto Voltaicos.....	18
2.4.2. ISOLAMENTO TÉRMICO	19
2.4.2.1. Espuma de poliuretano projectado (PUR)	20
2.4.2.2. Poliestireno extrudido (XPS)	20
2.4.2.3. Lã de Rocha	21
2.4.3. SISTEMA DE FIXAÇÃO.....	22
2.4.3.1. Dispositivos de fixação por adesão química.....	22
2.4.3.2. Dispositivos de fixação mecânica	23

2.4.4. SISTEMA DE VENTILAÇÃO	26
2.5 EXIGÊNCIAS DE DESEMPENHO	28
2.6 PATOLOGIAS EM FACHADAS VENTILADAS	28

3. COMPORTAMENTO AO FOGO EM FACHADAS VENTILADAS.

.....	33
3.1. ANÁLISE DO FENÓMENO – O FOGO	33
3.2. CLASSIFICAÇÃO DO COMPORTAMENTO DOS PRODUTOS DE CONSTRUÇÃO FACE AO FOGO	34
3.2.1. RESISTÊNCIA AO FOGO	35
3.2.2. REACÇÃO AO FOGO	36
3.3. COMPORTAMENTO AO FOGO DE ELEMENTOS E PRODUTOS DE CONSTRUÇÃO	37
3.4. CASOS PATOLÓGICOS COM FACHADA VENTILADA DE INCÊNDIOS EM EDIFÍCIOS	38
3.4.1. EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR, V. N. GAIA, ABRIL DE 2008	38
3.4.2. PRÉDIO EM CONSTRUÇÃO, LISBOA, JANEIRO E JULHO DE 2010	40
3.4.3. HOTEL EM CONSTRUÇÃO, BRAGA, MARÇO DE 2010	41

4. IMPLICAÇÕES DO RSCIE NA ENVOLVENTE EXTERIOR.....

4.1. INTRODUÇÃO	43
4.2. CONSIDERAÇÕES DA SCIE NA ENVOLVENTE EXTERIOR	44
4.2.1. CONDIÇÕES EXTERIORES DE SEGURANÇA E ACESSIBILIDADE	44
4.2.2. LIMITAÇÕES À PROPAGAÇÃO DO INCÊNDIO PELO EXTERIOR.....	45
4.3. APLICAÇÃO REGULAMENTAR ÀS FACHADAS VENTILADAS	49

5. CONSEQUÊNCIAS CONSTRUTIVAS DA NOVA REGULAMENTAÇÃO DE SCIE NO ESTUDO DE UM SISTEMA DE FACHADA VENTILADA.....

5.1. INTRODUÇÃO	53
5.2. MECANISMOS DE PROPAGAÇÃO	54
5.3. ESTUDO DE UM SISTEMA	55
5.3.1. DESCRIÇÃO DO SISTEMA.....	55
5.3.2. FICHA TÉCNICA	56
5.3.2.1. Revestimento	56

5.3.2.2. Sistema de fixação do revestimento	56
5.3.2.3. Isolamento térmico	58
5.3.2. REACÇÃO AO FOGO DO SISTEMA	59
5.3.3. REGRAS DE BOA PRÁTICA CONSTRUTIVA.....	59
5.4. CONCLUSÕES E EVENTUAIS EXTRAPOLAÇÕES PARA OS OUTROS SISTEMAS	65
 6. CONCLUSÕES	 67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Fotografia e esquema de fachada ventilada	7
Figura 2.2 – Junta aberta entre elementos do revestimento	8
Figura 2.3 – Penetração da água pelo efeito gravidade: a) Juntas abertas; b) Juntas fechadas, [12] ..	9
Figura 2.4 – Penetração da água pelo efeito da quantidade de movimento, [12]	9
Figura 2.5 – Penetração da água pelo efeito da tensão superficial, [12].....	10
Figura 2.6 – Penetração da água pelo efeito da capilaridade, [12]	10
Figura 2.7 – Controlo da penetração da água pelo efeito da acção do vento	11
Figura 2.8 – Junta fechada entre elementos do revestimento.....	11
Figura 2.9 – Fixação visível	12
Figura 2.10 – Fixação oculta	12
Figura 2.11 – Revestimento em pedra natural	14
Figura 2.12 – Revestimento em placas de grés porcelânico, [15]	15
Figura 2.13 – Placas de revestimento em alumínio composto e fotografia de aplicação em fachada. 15	
Figura 2.14 – Composição de painel em alumínio composto, [16]	16
Figura 2.15 – Composição de painel fenólico, [17]	16
Figura 2.16 – Revestimento em painéis fenólicos, [18]	17
Figura 2.17 – Revestimento em painéis de betão polímero, [19]	17
Figura 2.18 – Revestimento de fachada ventilada em vidro, [20]	18
Figura 2.19 – Revestimento com painéis fotovoltaicos, [22]	19
Figura 2.20 – Isolamento térmico em poliuretano projectado aplicado em fachada	20
Figura 2.21 – Isolamento térmico em poliestireno extrudido aplicado em fachada.....	21
Figura 2.22 – Isolamento térmico em lã de rocha aplicado em fachada ventilada.....	22
Figura 2.23 – Fixação por adesão química	22
Figura 2.24 – Ancoragens pontuais	23
Figura 2.25 – Ancoragens pontuais reguláveis.....	23
Figura 2.26 – Fixação através de estrutura intermédia	24
Figura 2.27 - Fixação para revestimentos de grande espessura, [29]	24
Figura 2.28 - Fixação visível para espessura fina, [29]	25
Figura 2.29 - Sistema de fixação com sobreposição de painéis, [29]	25
Figura 2.30 - Fixação oculta para elementos de espessura fina, [29]	26
Figura 2.31 – Ventilação mecânica com recuperação de calor.	26

Figura 2.32 – Ventilação natural em edifícios	27
Figura 2.33 – Ventilação na caixa-de-ar em fachada ventilada pelo efeito chaminé.....	27
Figura 2.34 – Queda de painéis de revestimento	29
Figura 2.35 – Patologias: a) efluorescências nas juntas; b) fissuração; c) quebra na zona de fixação; d) desgaste	30
Figura 2.36 – Quebra na zona de fixação	31
Figura 3.1 – Abril 2008, Prédio em V.N. Gaia após extinção do incêndio	39
Figura 3.2 – Abril 2008, Pormenor do prédio em V.N. Gaia, após extinção do incêndio.....	40
Figura 3.3 – Pormenores de prédio em Lisboa após ocorrência de incêndio.....	41
Figura 3.4 – Julho 2010, Hotel em Braga.....	42
Figura 4.1 – Interpretação gráfica do ponto 2 do artº 7º da Portaria 1532/2008.....	45
Figura 4.2 – Interpretação gráfica do ponto 3 do artº 7º da Portaria 1532/2008.....	46
Figura 4.3 – Interpretação gráfica do ponto 6 do artº 7º da Portaria 1532/2008, para a situação de edifícios de média e grande altura	47
Figura 4.4 – Interpretação gráfica do ponto 7 do artº 7º da Portaria 1532/2008.....	47
Figura 4.5 – Interpretação gráfica da alínea a) do ponto 8 do artº 7º da Portaria 1532/2008	48
Figura 5.1 – Fachada após incêndio, Abril 2008	56
Figura 5.2 – Pormenor de fachada após incêndio, Abril 2008	57
Figura 5.3 – Pormenor de fachada após incêndio, Abril 2008	57
Figura 5.4 – Isolamento térmico após incêndio, Abril 2008	58
Figura 5.5 – Pormenor de montagem de chapa corta fogo na caixa-de-ar, [48]	60
Figura 5.6 – Pormenor de barreiras corta-fogo em sistema de fachada ventilada, [1]	61
Figura 5.7 – Barreira corta-fogo à base de lã mineral revestida com polietileno, [49]	62
Figura 5.8 – Barreira corta-fogo - antes e após exposição ao fogo, [50]	62
Figura 5.9 – Expansão da barreira corta-fogo quando em contacto com as chamas, [50]	62
Figura 5.10 – Sistemas de fixação das barreiras corta-fogo com parafusos incombustíveis fixos à parede estrutural, [51]	63
Figura 5.11 – Suporte de fixação e secção transversal de uma barreira corta-fogo, [52]	64

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 4.1 – Reprodução do Quadro II do RTSCIE: Condições de protecção de vãos de fachadas em confronto.....	48
Quadro 4.2 – Reprodução do Quadro IV do RTSCIE: Reacção ao fogo de elementos de revestimento exterior criando caixa-de-ar.....	49

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

ANPC – Autoridade Nacional de Protecção Civil

CE - Conformidade Europeia

CF - Corta-fogo

CPD – Construction Products Directive/ Directiva dos Produtos de Construção

EN – European Norm/ Norma Europeia

EPS – Expanded PolyStyrene/ Poliestireno expandido moldado

ETA - European Technical Approval/ Aprovação Técnica Europeia

ETAG - Guidelines for European Technical Approvals/ Guias de Aprovação Técnica Europeia

ETICS - External Thermal Insulation Composite Systems/ Isolamento Térmico pelo Exterior

EF - Estável ao fogo

LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil

NP – Norma Portuguesa

PC - Pára - chamas

PUR – PolyURethane/ Espuma de poliuretano projectado

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

RJ-SCIE - Regime Jurídico da Segurança Contra Incêndios em Edifícios

RJUE - Regime Jurídico da Urbanização e Edificação

RT-SCIE - Regulamento de Técnico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios

SCIE - Segurança Contra Incêndios em Edifícios

XPS - eXtruded PolyStyrene foam/ Poliestireno Extrudido

1

INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO E OBJECTIVOS

A Segurança Contra Incêndios em Edifício (SCIE) é presentemente uma área de enorme importância entre os distintos ramos de engenharia relacionados com a edificação. O conceito de segurança contra incêndio é relativamente recente e está a sofrer uma profunda transformação, atendendo ao enorme impacto social e económico que a ocorrência e propagação deste sinistro pode provocar.

Existem referências ao longo da história da Engenharia Civil de medidas adoptadas e destinadas a melhorar a qualidade das construções e a salvaguardar a vida das pessoas e os bens materiais. Contudo é na Idade Contemporânea, com maior incidência na segunda metade do século XX, que se verifica uma maior consciência sobre os problemas relacionados com a qualidade dos materiais de construção e com os elementos estruturais num contexto de segurança, economia e ambiente. Foram criados serviços e organizações, nacionais e internacionais, que elaboraram directivas, regulamentos e normas técnicas com o intuito de garantir uma maior qualidade nas construções. Esta iniciativa veio garantir que os projectos de engenharia fossem executados com maior rigor, vendo assim aumentados os níveis de segurança e qualidade de execução e utilização, o que trouxe unicamente benefícios para a vida dos ocupantes [1].

A prevenção de sinistros na exploração de um edifício exhibe maiores probabilidades de sucesso quando traçada na fase de projecto, cabendo aos projectistas escolher as soluções mais seguras e mais económicas para o edifício em causa. Quer isto dizer que os meios de prevenção inicial no combate ao incêndio devem ser feitos logo na fase de projecto de modo a combater os seus efeitos e com o objectivo de salvaguardar a vida das pessoas e a protecção de bens no caso de sinistro. Contudo a existência de medidas preventivas não elimina, por si só, totalmente os riscos mas o seu conhecimento poderá evitar situações mais ou menos trágicas, limitando os prejuízos materiais e humanos. Como forma de prevenção entende-se ser necessário a identificação, avaliação, controlo e eliminação dos riscos inerentes ao incêndio com o intuito de combater eficazmente os seus efeitos.

Os sistemas de protecção contra incêndio devem ser projectados com base no cumprimento das normas de segurança em vigor no actual regulamento.

A legislação portuguesa de Segurança Contra Incêndios em Edifícios estava dispersa por diversos diplomas (nove Decretos-Lei, um Decreto Regulamentar, cinco Portarias e uma Resolução de Conselho de Ministros) que apresentavam aspectos heterogéneos entre si.

Apesar de haver muitos diplomas, havia utilizações tipo que não estavam regulamentadas. Assim surgiu a necessidade de harmonizar a legislação existente e alargar o âmbito da sua aplicação à generalidade das utilizações tipo, tendo-se dado início a um projecto de regulamento o qual se

designou por Regulamento Geral de Segurança Contra Incêndios em Edifícios, que viria a ser aprovado na generalidade no Conselho de Ministros de 25 de Janeiro de 2007. No entanto a publicação do regulamento sofreu um considerável atraso, nomeadamente para ser enquadrado no âmbito do Regime Jurídico da Urbanização e Edificação (RJUE), definido na Lei n.º 60/2007, de 4 de Setembro [2].

Em Dezembro de 2008, foi finalmente publicado o regulamento de segurança contra incêndios em edifícios, através Decreto-Lei n.º 220/2008 [3], que estabelece o novo Regime Jurídico de Segurança Contra Incêndios em Edifícios (RJ-SCIE) e da Portaria n.º 1532/2008, de 29 de Dezembro [4], que publica o Regulamento Técnico de Segurança Contra Incêndios em Edifícios (RT-SCIE). Ambos os documentos entraram em vigor a 1 de Janeiro de 2009. O Decreto-Lei n.º 220/2008 revogou diversos diplomas anteriormente em vigor na área da Segurança Contra Incêndios em Edifícios.

Posteriormente foram ainda publicados alguns diplomas complementares, nomeadamente o Despacho n.º 2074/2009, de 15 de Janeiro de 2009 [5], e a Portaria n.º 64/2009, de 22 de Janeiro [6].

Presentemente as construções têm-se tornado cada vez menos convencionais aliadas à aplicação de novas tecnologias e novos produtos de construção, e onde as questões económicas e ambientais são constantemente postas em causa.

O desenvolvimento económico tem conduzido a uma enorme dependência dos recursos energéticos de carácter não renovável. Apresentando-se a construção de edifícios como um dos sectores da economia com maior impacto negativo sobre o ambiente surge, aliado a estas questões, o conceito de desenvolvimento sustentável onde, por exemplo, são estudadas medidas para melhorar o conforto térmico do edifício com o intuito de otimizar a sua eficiência energética.

Uma das vias para aumentar a eficiência energética é precisamente através do controlo das perdas de energia por parte dos elementos construtivos. Inicialmente uma das soluções mais frequentes para garantir esse conforto térmico foi através da execução da parede dupla com isolamento térmico no interior da caixa-de-ar. Porém, posteriormente, vêm a ser questionadas as zonas não correntes da envolvente que originam as pontes térmicas que podem ser resolvidas, por exemplo, com a colocação de isolante térmico em camada contínua pelo exterior da parede. No entanto, aliado a esta preocupação com a eficiência energética, surge igualmente o cuidado com o aspecto visual e estético associado à valorização da fachada. Face a estas questões inovadoras vai-se alterando o conceito de fachada como até então era concebida e começam-se a desenvolver novos estudos de concepção de sistemas de isolamento térmico pelo exterior, surgindo inicialmente as fachadas tipo External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS).

O conceito de fachada ventilada surge, de início, com a construção de uma fachada com dois panos, sendo o pano exterior concebido com a função de conferir à fachada características de impermeabilidade à água. Este sistema de fachada ventilada pode ser definido, de um modo geral, como uma solução de protecção e revestimento exterior assente numa estrutura auxiliar de suporte, permitindo criar uma caixa-de-ar entre o revestimento e a parede de suporte onde é aplicado um isolamento térmico contínuo. Gera-se, assim, um fluxo de ar contínuo na cavidade, o que é naturalmente impossível nas fachadas tradicionais. A constatação de que a existência de uma caixa-de-ar não só protegia o interior do edifício contra os inconvenientes da água como também melhorava o comportamento térmico do edificado conduziu ao desenvolvimento deste tipo de tecnologia construtiva sendo cada vez mais utilizada em Portugal e no resto da Europa.

A aplicação desta tipologia construtiva veio sem dúvida melhorar o desempenho energético das construções. Contudo veio também trazer alguma controvérsia, no contexto da segurança contra

incêndios, na medida em que lhe está associado um aumento do risco de propagação de incêndio. A aplicação de materiais combustíveis presentes nalgumas destas soluções de fachada implica um maior cuidado na protecção destes sistemas para que se possa reduzir a sua contribuição para a deflagração, o desenvolvimento e a propagação do fogo. Em termos de segurança importa conhecer os mecanismos de propagação do incêndio que cada uma destas soluções acarreta e reconhecer os riscos associados a cada técnica de construção distinta que as caracterizam.

Aqui reside o ponto fulcral deste trabalho que pretende realizar uma análise sobre o comportamento ao fogo das fachadas ventiladas e avaliar os riscos inerentes ao uso de tecnologias que não são totalmente contempladas ao nível regulamentar, auxiliado pelo estudo de casos recentes de ocorrência de incêndio em edifícios com fachada ventilada.

O trabalho desenvolvido pretendeu fazer uma ponderação do actual quadro legislativo e a sua adequação face à reacção ao fogo das fachadas ventiladas com o intuito de otimizar a qualidade das construções.

Por último foram elaborados critérios para a concepção de soluções de fachada ventilada, numa perspectiva de diminuição dos riscos de propagação e deflagração das chamas, de modo a melhorar os parâmetros de exigência de segurança contra incêndios.

Contudo há que referir que os sistemas apresentados devem ser alvo dum estudo mais aprofundado por parte de órgãos acreditados no sentido de criar especificações técnicas que venham melhorar o comportamento deste tipo de soluções em caso da ocorrência de incêndio.

1.2. ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho é composto por seis capítulos, dos quais se faz seguidamente uma breve descrição do respectivo conteúdo.

No primeiro capítulo enquadra-se o tema e descreve-se a metodologia do trabalho; faz-se a descrição da estrutura do trabalho.

No segundo capítulo faz-se um estado de arte onde se procura estabelecer os principais conceitos e definições sobre as fachadas ventiladas, abordando os principais elementos construtivos e dispositivos utilizados, os diversos tipos de revestimento e sistemas de fixação, isolamento térmico e patologias que as fachadas ventiladas podem apresentar. São destacadas as vantagens relativas desta tecnologia construtiva.

O terceiro capítulo faz uma análise do comportamento ao fogo de sistemas de fachada ventilada nomeadamente na resistência e reacção ao fogo e apresenta três casos de incêndio reais em edifícios com fachada ventilada.

O quarto capítulo começa por expor as disposições regulamentares. São feitas apreciações relativamente à envolvente exterior e analisam-se, posteriormente, as condicionantes regulamentares na construção de fachadas ventiladas.

No quinto capítulo, consequências construtivas da nova regulamentação de SCIE no estudo de um sistema, é feito o estudo mais aprofundado deste sistema de modo a verificar o cumprimento da regulamentação em vigor relativamente ao comportamento face ao fogo dos seus elementos estruturais. São identificados os riscos de propagação de incêndio em fachadas de acordo com os materiais empregues na solução. Com a apresentação do conjunto de casos de incêndio que ocorreram

em edifícios poderá ser possível concluir se a contribuição do sistema de fachada é preponderante ou não na propagação das chamas.

No último capítulo, dedicado às conclusões, salientam-se os principais resultados e colocam-se algumas sugestões para futuros trabalhos.

2

TECNOLOGIA DE FACHADAS VENTILADAS

2.1. EVOLUÇÃO NA CONCEPÇÃO DE FACHADAS EM PORTUGAL

A concepção das fachadas em Portugal tem sofrido uma progressiva evolução, sobretudo nas últimas décadas, devido ao progresso tecnológico, às crescentes exigências de conforto térmico, acústico e higrométrico e a uma constante preocupação em prolongar a sua durabilidade e potenciar o seu espaço.

Inicialmente as fachadas apresentavam grandes espessuras, em pedra ou tijolo maciço, principalmente por razões de estabilidade estrutural. Nos anos 50, surgem as paredes de alvenaria em pedra, agora de menor espessura, com um pano interior em alvenaria de tijolo. Na década seguinte a construção torna-se mais ligeira sendo a pedra substituída pelo tijolo, utilizando-se mais frequentemente a parede dupla em alvenaria de tijolo furado, com o pano exterior mais espesso. Esta evolução culmina na década de 70 onde os panos já apresentavam uma espessura reduzida e semelhante. No entanto, devido a problemas de fendilhação que surgiram no pano exterior, nos anos 80, começa-se a assistir à introdução de materiais de isolamento térmico para preenchimento total ou parcial da caixa-de-ar das paredes duplas. Esta solução construtiva, quando concebida adequadamente, era uma solução económica e funcional de acordo com o grau de exigência térmica da época. No entanto, com a entrada em vigor do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE, Decreto-Lei n.º 40/90 [7]), bem como da regulamentação de certificação energética para edifícios (SCE, 2006 – Decreto-Lei 78/2006 de 4 de Abril [8]) estas práticas construtivas deixam de ser satisfatórias dado os valores das perdas energéticas atingirem valores acima das exigências regulamentares [9].

Com o intuito de satisfazer os novos requisitos regulamentares surgem os sistemas de isolamento térmico pelo exterior, que são, em linhas gerais, constituídos por um revestimento exterior, que serve principalmente como protecção das condições climáticas e solicitações mecânicas, e uma camada de isolamento térmico aplicada sobre o suporte. Esta solução construtiva consegue corrigir as patologias originadas pelas pontes térmicas, que a partir de agora passam também a ter de ser revestidas, minimizando as trocas de calor com o exterior e, consequentemente, a redução da necessidade de aquecimento e arrefecimento.

Inseridos na tendência de isolar os edifícios pelo exterior surgiram novos tipos de solução construtiva empregados frequentemente em Portugal dos quais se destacam os sistemas ETICS, sistemas compósitos sobre isolamento térmico e os sistemas de Fachada Cortina e Fachada Ventilada, que será o caso de estudo desta dissertação.

Numa primeira abordagem torna-se essencial esclarecer a diferença entre fachada cortina e fachada ventilada dado ser vulgar confundir-se estes conceitos, uma vez que a sua concepção e aspecto são similares.

A fachada cortina pode ser definida como um sistema formado por placas ou painéis fixos exteriormente à base por uma subestrutura auxiliar assumindo-se no revestimento exterior de uma edificação. Este tipo de fachadas possui uma caixa-de-ar estanque ou não ventilada, onde o revestimento exterior faz também um papel de barreira ao ar não existindo aberturas que liguem o ar existente na caixa-de-ar com o ar exterior. No entanto esta caixa-de-ar deve possuir na sua base dispositivos de evacuação da água, que eventualmente penetre através das juntas do revestimento, para o exterior.

A fachada ventilada surge como uma solução particular da fachada cortina destacando-se apenas desta última devido à caixa-de-ar da fachada ventilada ser dimensionada de forma a permitir a remoção do ar aquecido da zona inferior da caixa-de-ar pelo chamado efeito chaminé [10].

2.2. CONCEITO DE FACHADA VENTILADA

A fachada ventilada é criada pela colocação de um revestimento separado da estrutura do edifício. A caixa-de-ar daí resultante deve ficar aberta em pontos estratégicos de modo a permitir a sua ventilação. Esta caixa-de-ar melhora as prestações da fachada, pois evita a humidade e a condensação e favorece o prolongamento da sua vida útil. A variação de densidade do ar no interior da cavidade em relação ao exterior cria um efeito chaminé, evitando a transmissão directa da temperatura para o edifício. Assim o ar pode fluir na abertura da fachada gerando duas vantagens: de Inverno mantém a estrutura de suporte e o material de isolamento térmico seco, reduzindo os problemas de condensação e de Verão a absorção e o reflexo das radiações solares feito pela cavidade não permitindo a sua passagem para o interior do edifício.

O conceito de fachada ventilada pode ser definido, de um modo geral, como um sistema de protecção e revestimento exterior assente numa estrutura auxiliar de suporte, permitindo criar uma caixa-de-ar entre o revestimento e a parede de suporte onde é aplicado um isolamento térmico contínuo (Figura 2.1). Com esta solução gera-se um fluxo de ar contínuo na cavidade.

Este tipo de solução surgiu com o intuito de melhorar o comportamento térmico da fachada, reduzindo as indesejadas pontes térmicas, e evitar que a parede do edifício fosse afectada pela chuva conferindo-lhe assim características de estanquidade à água. A caixa-de-ar presente neste tipo de fachadas evita o risco da ocorrência de condensações permitindo a evacuação do vapor de água e assegura uma ventilação contínua do sistema permitindo a remoção do ar aquecido através do efeito chaminé.

Esta solução construtiva de fachadas contribui para um eficaz desempenho térmico do edifício o que se traduz numa considerável poupança de energia, sendo isso uma preocupação fundamental nos dias de hoje. No que diz respeito à redução do consumo de energia em climatização, a vantagem é indiscutível.

O facto de a fachada ventilada criar um revestimento separado da estrutura do edifício, torna este sistema interessante para a reabilitação exterior por ser realizável sem prejudicar o normal funcionamento do edifício, melhorando o isolamento sem necessidade de sacrificar espaço útil e adaptando-se a qualquer tipo de edifício. Este sistema facilita a substituição das placas, em caso de se danificarem, pois é possível intervir sobre cada placa separadamente e permite, inclusivamente, uma rápida e completa renovação do exterior do edifício com a troca das placas, modificando totalmente o seu aspecto exterior. Apesar do ritmo de construções novas ter vindo a diminuir, devido à actual crise

económica, prevê-se, no entanto, um crescimento no volume de obras de reabilitação para conservação do património construído e racionalização dos recursos.

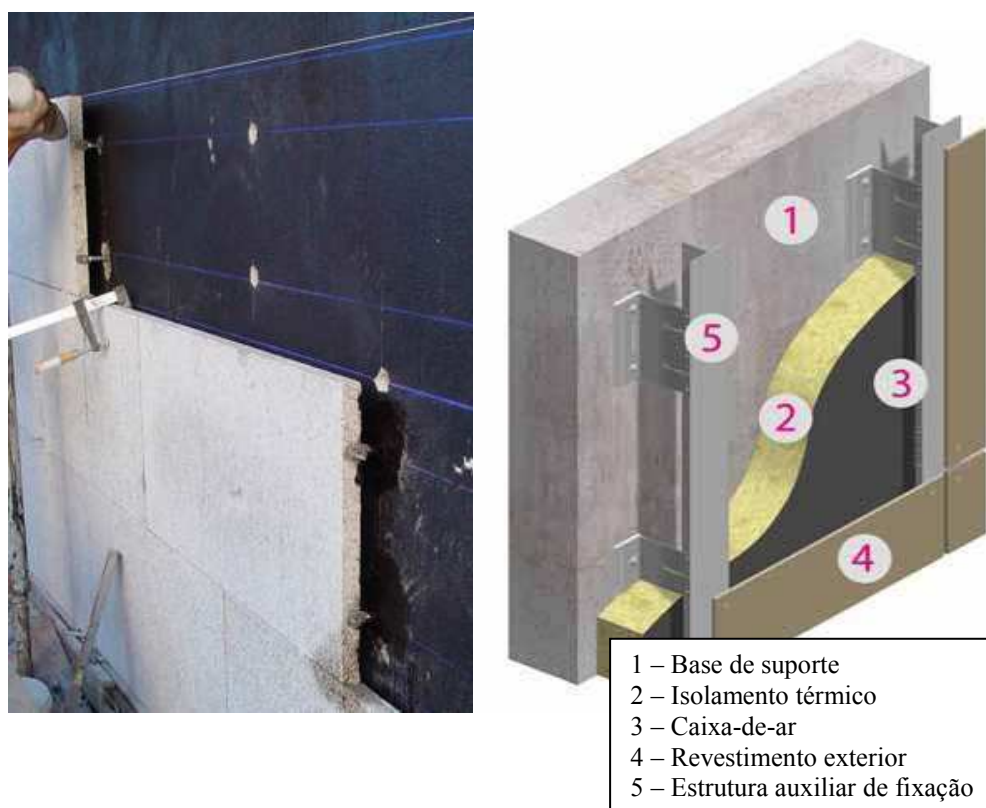


Fig. 2.1 – Fotografia e esquema de fachada ventilada.

Em Portugal a reabilitação representa menos de 10% do sector da construção mas estima-se que possa crescer rapidamente nos próximos anos. Esta evolução levará a um acréscimo significativo na aplicação de isolamento térmico pelo exterior. Assim, tendo em conta a flexibilidade dos sistemas de fachada ventilada, com a sua facilidade de montagem e possibilidade de adaptação ao edifício existente, esta solução construtiva mostra-se com boas aptidões para o emprego em reabilitação urbana.

Apesar de apresentar custos superiores aos sistemas tradicionais, o sistema de fachada ventilada oferece grandes vantagens, desde que dimensionado e aplicado adequadamente.

2.3. CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FACHADAS VENTILADAS

A par da crescente utilização do sistema de fachadas ventiladas na construção actual verifica-se uma grande evolução tecnológica desta solução construtiva, surgindo diferentes soluções com distintos tipos de material de revestimento. Com a ampliação da utilização da fachada ventilada com mais materiais e a utilização de formatos inovadores é relevante caracterizar as diversas tipologias de soluções disponíveis no mercado.

Nos parágrafos seguintes faz-se a caracterização das fachadas ventiladas segundo o processo de fabrico e montagem, o material empregue no revestimento e o sistema de fixação.

2.3.1. CARACTERIZAÇÃO SEGUNDO O PROCESSO DE FABRICO E MONTAGEM

Segundo o processo de produção as fachadas ventiladas podem ser classificadas como:

- Montadas em obra;
- Pré-fabricadas.

As fachadas consideradas como montadas em obra são erigidas no estaleiro de obra e empregam geralmente uma parede ou uma estrutura auxiliar de fixação em aço, ferro ou alumínio.

Por sua vez, as fachadas pré-fabricadas, são transportadas para o local de aplicação já concluídas sendo colocadas no edifício com o apoio de guias. A sua fixação é feita através de ancoragens rápidas, de modo a ajustar a sua posição, numa fase inicial, sendo depois presas definitivamente por meio de parafusos ou soldadura.

2.3.2. CARACTERIZAÇÃO SEGUNDO A CONFIGURAÇÃO DO MATERIAL EMPREGUE NO REVESTIMENTO

As fachadas ventiladas podem ser classificadas segundo o material empregue no seu revestimento. A gama de produtos de revestimento exterior existente no mercado é ampla sendo possível encontrar soluções com placas de fenólico, em pedra natural, de alumínio composto, de betão polímero, em placas cerâmicas, em grés porcelânico, em vidro, em madeiras ou até cimento.

Um aspecto importante a ter em consideração no revestimento, para que se verifique o bom funcionamento da fachada, é o espaço deixado em aberto entre as placas, ou seja, as juntas entre os componentes. As juntas entre painéis têm como função absorver as deformações intrínsecas ao revestimento, mas também são responsáveis pela água que possa penetrar através das mesmas devendo garantir uma certa estanquidade daquele.

Numa fachada ventilada existem dois tipos de juntas entre o material de revestimento: as juntas abertas e as juntas fechadas.

Nas fachadas ventiladas as juntas abertas não devem ser utilizadas em localidades com condições climáticas extremas uma vez que não possuem grande protecção contra a acção da chuva (Figura 2.2). Para que se impeça que as águas pluviais atinjam o tardo do revestimento é necessário que as juntas tenham até 3mm de espessura.



Fig. 2.2 – Junta aberta entre elementos do revestimento.

A penetração da água através das juntas pode ser feita pelas seguintes formas [11]:

- Efeito de gravidade;
- Quantidade de movimento;
- Tensão superficial;
- Capilaridade;
- Vento;

A água só consegue penetrar através do revestimento exterior, pelo efeito de gravidade, se a geometria do revestimento assim o permitir, tal como é exibido na Figura 2.3.

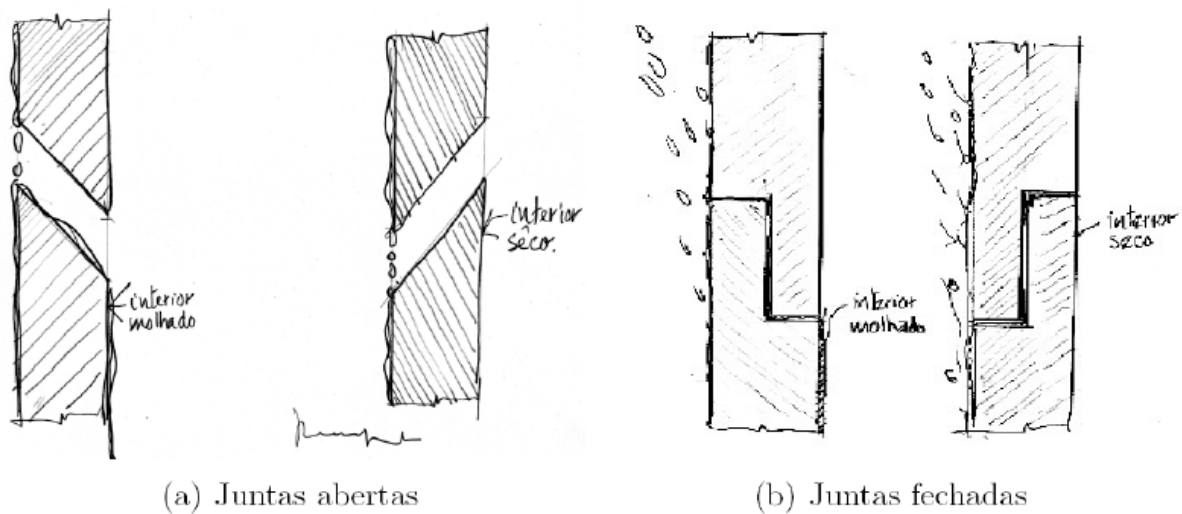


Fig. 2.3 – Penetração da água pelo efeito gravidade: a) Juntas abertas; b) Juntas fechadas, [12].

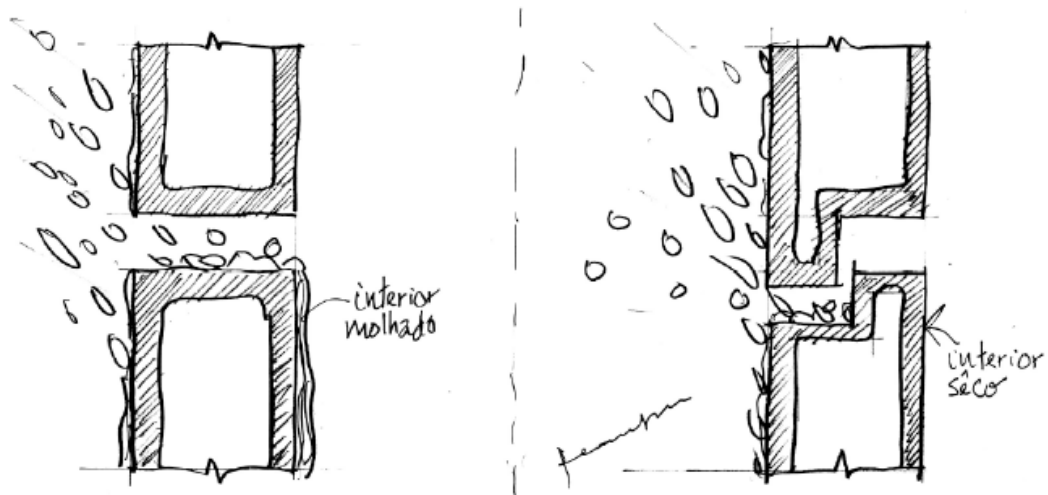


Fig. 2.4 – Penetração da água pelo efeito da quantidade de movimento, [12].

Por quantidade de movimento entende-se a componente horizontal da energia da água da chuva que ao incidir sobre a junta do revestimento faz com que esta respingue para dentro da caixa-de-ar, sob determinado ângulo, tal como é mostrado na Figura 2.4.

A tensão superficial observa-se quando a água que escorre pelo revestimento exterior adere às superfícies horizontais inferiores deste facilitando a entrada das gotas de água. A resolução deste problema pode passar pela criação de uma pingadeira que elimine a tensão superficial, como pode ser observado na Figura 2.5.

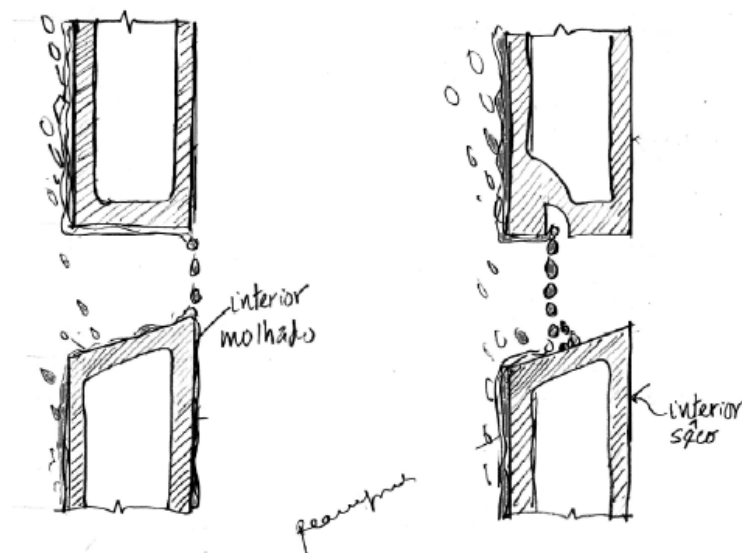


Fig. 2.5 – Penetração da água pelo efeito da tensão superficial, [12].

Entende-se por capilaridade a capacidade que os fluidos possuem de subir ou descer em tubos muito finos. Assim, esta penetração da água ocorre devido às tensões superficiais interiores impulsionarem a água através das aberturas entre os painéis quando estas são muito pequenas, principalmente se os materiais de revestimento forem porosos pois os seus poros criam forças de adesão suplementares nas suas paredes, exposto na Figura 2.6.

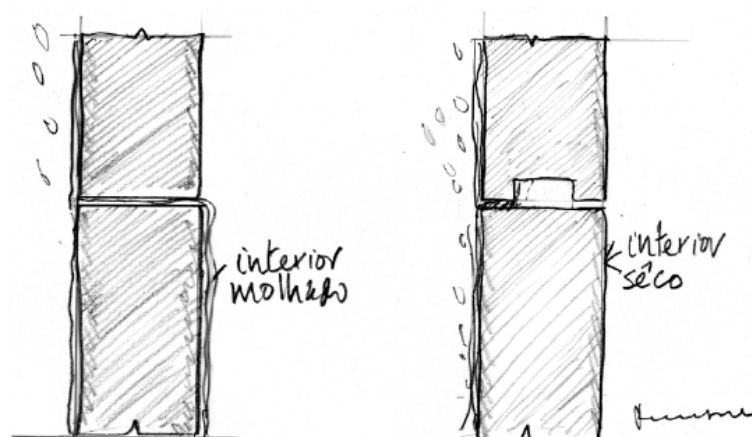


Fig. 2.6 – Penetração da água pelo efeito da capilaridade, [12].

A ventilação assegurada pela caixa-de-ar contribui para o equilíbrio de pressões entre o interior e o exterior do sistema. O controlo da penetração da água pela incidência de vento sobre a fachada pode ser feito pela compartimentação da caixa-de-ar, evitando igualmente velocidades excessivas da circulação de ar na ventilação. Esta compartimentação pode ser feita com recurso a um perfil que deve

estar inclinado para o exterior e ser ainda prolongado, de forma a proteger a secção da abertura destinada à saída do ar pela cavidade, como pode ser observado pela Figura 2.7.

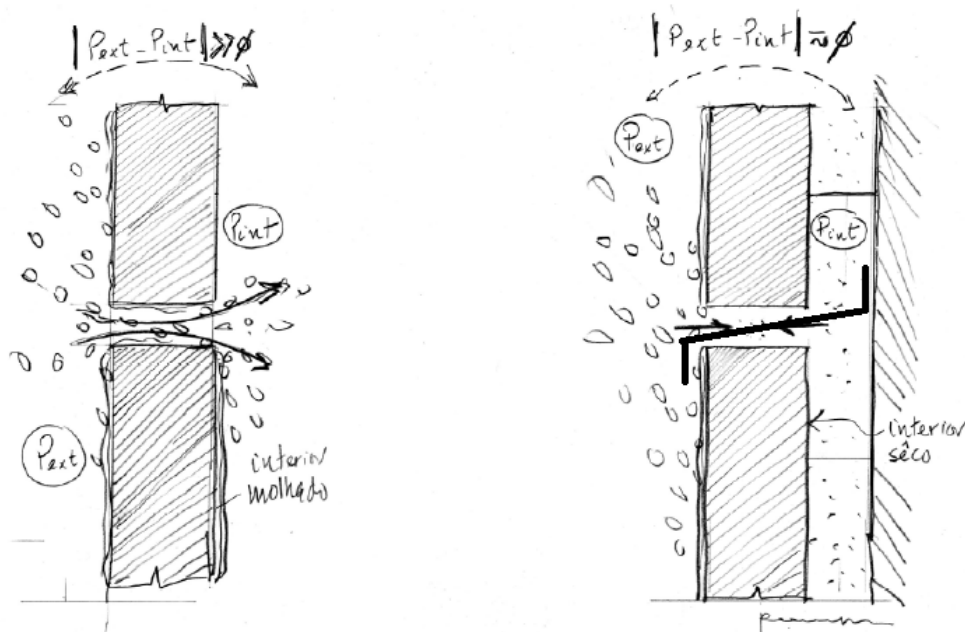


Fig. 2.7 – Controlo da penetração da água pelo efeito da acção do vento.

As juntas fechadas, por sua vez, caracterizam-se pela protecção que apresentam contra a infiltração das águas da chuva (Figura 2.8). Ainda assim deve-se equipar o revestimento com aberturas e drenos para se equalizar as pressões entre exterior e interior e garantir o escoamento da água que possa eventualmente entrar.

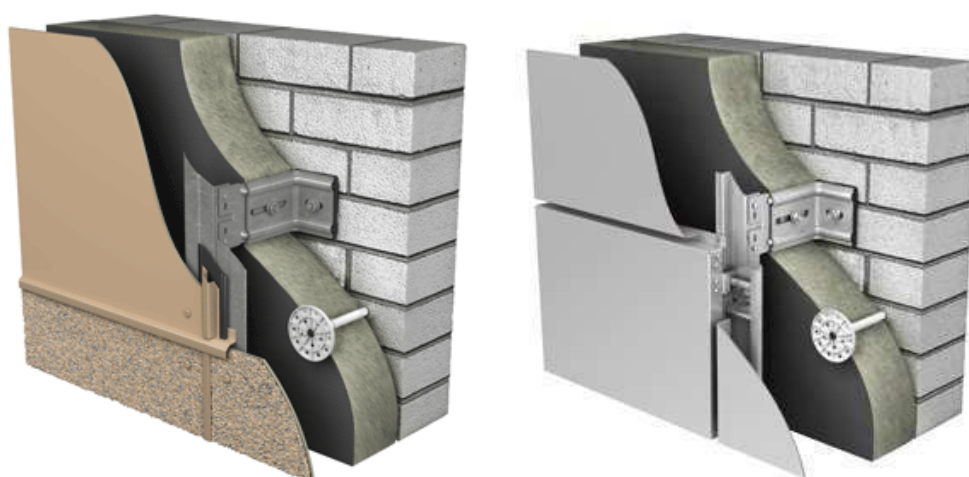


Fig. 2.8 – Junta fechada entre elementos do revestimento.

2.3.3. CARACTERIZAÇÃO SEGUNDO O SISTEMA DE FIXAÇÃO

Outra forma de classificação das fachadas ventiladas é segundo o seu processo de fixação. A fachada ventilada, pode classificar-se de acordo com os sistemas de fixação empregues nas placas de revestimento ou quanto aos dispositivos usados na ancoragem da fachada do edifício.

Designam-se por fachada com fixação visível as fachadas em que os dispositivos utilizados para prender as placas de revestimento ficam expostos (Figura 2.9).



Fig. 2.9 – Fixação visível.

Considera-se a fachada com fixação oculta quando os meios de fixação das placas não ficam expostos no revestimento acabado, como se pode observar na Figura 2.10, podendo estes ser inseridos no tardo da placa ou na espessura da mesma, se esta possuir espessura suficiente.



Fig. 2.10 – Fixação oculta.

2.4. DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS E MATERIAIS UTILIZADOS

O conceito de fachada ventilada é aplicado a sistemas de revestimento exterior assentes de forma não justaposta da parede de suporte e com intercalação de isolamento térmico no espaço de ar ventilado.

A gama de produtos de revestimento exterior existente no mercado é vasta e este pode ser contínuo, fixado com interposição por encaixe dos elementos mantendo as aberturas interrompidas para garantir a ventilação, ou descontínuo, fixado sucessivamente com juntas abertas.

O revestimento funciona como uma barreira que protege o isolamento térmico das acções exteriores bem como do resto da estrutura interior, assegurando uma maior durabilidade do sistema. Os painéis de revestimento são fixos à estrutura de apoio através de encaixes metálicos que podem ser feitos pontualmente ou por uma estrutura. O sistema de fixação é normalmente metálico e garante o afastamento necessário do revestimento à parede de suporte criando um espaço de ar onde é colocado o isolamento térmico junto ao paramento externo da parede de suporte.

A caixa-de-ar deve ser fortemente ventilada de modo a contribuir para a remoção da humidade e redução de transmissão de calor para o interior do edifício.

Por sua vez, o isolamento térmico fixo à parede de suporte deve ser mantido em total contacto com o elemento de suporte, devendo ser aplicado em camada contínua, sendo mais eficaz quando projectado.

De seguida irão ser apresentados os materiais mais comuns na concepção de sistemas de fachada ventilada.

2.4.1. REVESTIMENTO EXTERIOR

Grças ao desenvolvimento dos materiais de revestimento de alto desempenho técnico e estético é possível, hoje em dia, criar fachadas ventiladas de grande eficiência e de notável resistência às variações higrótérmicas.

Especificam-se neste ponto as soluções de fachada mais comuns para os diferentes tipos de materiais disponíveis para revestimento. Abordam-se, primeiro, as fachadas ventiladas em pedra sendo este o sistema mais tradicional no nosso país. Apresentam-se, em seguida, outros materiais que surgem numa tentativa da criação de estéticas inovadoras e atractivas e em busca de melhores desempenhos ecológicos e funcionais desenvolvendo soluções cada vez mais leves, com diferentes cores, texturas e formas.

2.4.1.1. Painéis em Pedra Natural

As placas em pedra natural apresentam-se como uma solução de elevada resistência e durabilidade sendo o material de revestimento que menos industrialização requer (Figura 2.11).

O seu comportamento face às precipitações é um ponto fulcral a ter em consideração na selecção do material, uma vez que uma parte dos materiais pétreos absorve rapidamente a água por capilaridade eliminando-a posteriormente de uma forma muito lenta, através da evaporação [13]. A retenção da água nos poros também se pode tornar um problema quando se verifica o congelamento da água acumulada nos capilares provocando a ruptura dos mesmos e, consequentemente a degradação da pedra [14]. Assim, na fase de selecção do material para revestimento, é essencial ter em conta as suas características de impermeabilidade e comportamento face às acções dos agentes erosivos do meio ambiente.

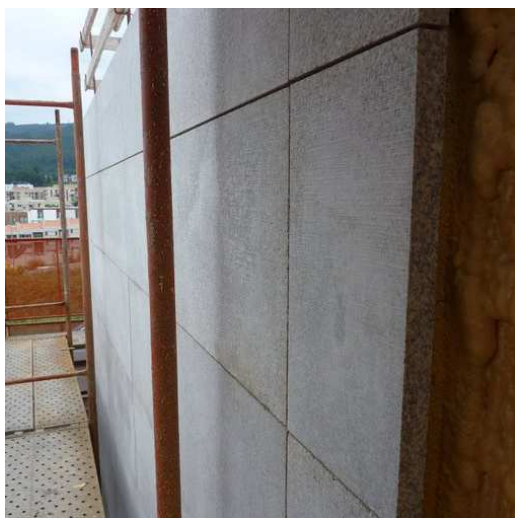


Fig. 2.11 – Revestimento em pedra natural.

2.4.1.2. Painéis Cerâmicos

O revestimento de fachadas de edifícios com placas cerâmicas de grandes dimensões é uma tecnologia moderna que se consolidou na construção civil em países europeus, originando novas possibilidades quando comparada com a utilização de placas de menores dimensões. Com medidas compreendidas entre os 300mm x 600mm e 600mm x 1200mm, este tipo de revestimento tem-se tornado bastante competitivo em relação ao seu desempenho e custo. A leveza de todo o sistema, para além de reduzir o peso da estrutura de suporte na qual os painéis são aplicados, facilita também o seu transporte e a sua instalação (Figura 2.12).

No geral as placas cerâmicas utilizadas como revestimento nesta tipologia de fachadas apresentam, como características essenciais, baixa absorção de água e uma excelente resistência mecânica.



Fig. 2.12 – Revestimento em placas de grés porcelânico [15].

A nível de desempenho às acções do vento esta solução oferece uma boa resistência ao arrancamento dos fixadores e ao impacto, quando combinado com a aplicação de uma tela de fibra de vidro colada no tardo da peça de modo a impedir a sua queda.

Nos anos 80, surge a produção de placas em grés porcelânico tornando-se concorrente das placas pétreas na execução das fachadas por apresentarem baixo teor de absorção de água, menor tendência para manchas, menor peso e ainda por ser um material mais homogéneo.

2.4.1.3. Painéis de Alumínio Composto

O alumínio apresenta uma gama variada de cores e acabamentos, tal como se pode observar pela Figura 2.13. Trata-se de um material leve, resistente e durável. Uma particularidade relevante deste material é a sua plasticidade, que facilita aos painéis deste material maleabilidade em obra e agilidade de montagem em cantos ou pilares circulares.



Fig. 2.13 – Placas de revestimento em alumínio composto e fotografia de aplicação em fachada.

As placas de alumínio composto são obtidas através da justaposição de duas chapas de liga de alumínio a um núcleo de polietileno e/ou resinas fenólicas (Figura 2.14). Em Portugal, a espessura total destes painéis pode variar entre 3, 4, 5, 6, 8 e 10 mm.

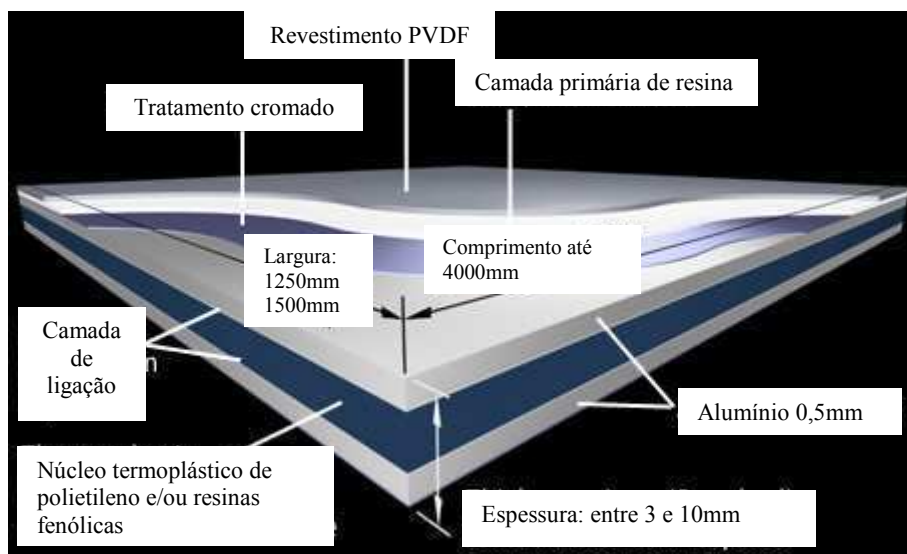


Fig. 2.14 – Composição de painel em alumínio composto, [16].

2.4.1.4. Painéis Fenólicos

Os fenólicos são materiais naturais constituídos por lâminas de papel impregnadas com resinas fenólicas e reforçados com folha de papel ou madeira natural, que pela aplicação de elevadas pressões e temperaturas, faz com que se funda e endureça, conferindo a este material uma elevada rigidez e resistência (Figura 2.15).

As espessuras dos painéis fenólicos podem variar entre espessuras de 6 mm e 20 mm e são geralmente de grandes dimensões.

Apesar da versatilidade de cores e padrões, a durabilidade deste tipo de superfícies pode ser comprometida se se verificar uma elevada exposição solar (Figura 2.16). As cores deste material são muito sensíveis às radiações ultra-violeta, alterando-se rapidamente.



Fig. 2.15 – Composição de painel fenólico, [17].



Fig. 2.16 – Revestimento em painéis fenólicos, [18].

2.4.1.5. Painéis em Betão Polímero

Um dos aspectos mais desfavoráveis da utilização de painéis em betão de grandes dimensões é o seu peso próprio. Assim, o betão polímero apresenta-se como uma boa solução para o revestimento de fachadas ventiladas por ser um material composto por agregados de sílica e quartzo ligados através de resinas de poliéster possibilitando a produção de elementos mais leves. A resistência mecânica desta solução revela-se superior ao betão corrente e a sua reduzida percentagem de absorção de água melhora a estanquidade relativamente ao betão convencional.

O betão polímero, para além de apresentar melhores características de durabilidade, apresenta também uma grande variedade de soluções de acabamento, tal como é mostrado na Figura 2.17.

Os painéis para este tipo de revestimento têm normalmente espessuras de 14 mm e dimensões entre 250×250 mm e 1800×900 mm [19]



Fig. 2.17 – Revestimento em painéis de betão polímero, [19].

2.4.1.6. Painéis em Vidro

Esta solução de revestimento em vidro da fachada ventilada pode ou não apresentar função estrutural. No caso em que possua essa função, o suporte da fachada ventilada apresenta-se totalmente oculto quando observado do exterior. Por outro lado, quando a fachada ventilada em vidro não apresenta função estrutural o sistema é composto por uma capa exterior, geralmente em vidro laminado, constituindo apenas uma pele exterior, fixado em perfis de alumínio originando um espaço de ar naturalmente ventilado entre o isolamento e o revestimento em vidro.

O vidro a utilizar pode ter acabamento translúcido, impresso, reflectivo, temperado ou armado, consoante o efeito visual que se pretenda.

A possibilidade de incorporar uma cortina veneziana na câmara-de-ar permite um melhor controlo da luz e dos raios solares incidentes na fachada pelo obscurecimento desta, bem como a utilização de barreiras de anti-fumo que, em caso de incêndio, limitam a propagação de fumo aos pisos superiores.

O sistema de fixação neste tipo de revestimento pode ser feito por caixilharia, ancoragem no tardo ou fixação por lâminas, fixas ou móveis (Figura 2.18).



Fig. 2.18 – Revestimento de fachada ventilada em vidro, [20].

2.4.1.7. Painéis Foto Voltaicos

A utilização deste tipo de painéis é ainda escassa em território nacional mas trata-se de um assunto cujo interesse e desenvolvimento está a começar a ganhar importância.

Em Portugal começa a presenciar-se a aplicação de módulos de capa fina em fachadas opacas e de grande formato possibilitando a reabilitação energética da fachada de um modo económico, visto o custo adicional gerado por esta tecnologia ser compensado com a produção de energia eléctrica [21].

Do ponto de vista arquitectónico, os painéis destacam-se pela sua estética uniforme, transparência variável e vidros com formas, que se adequam a qualquer tipo de aplicação valorizando esta aplicação (Figura 2.19).

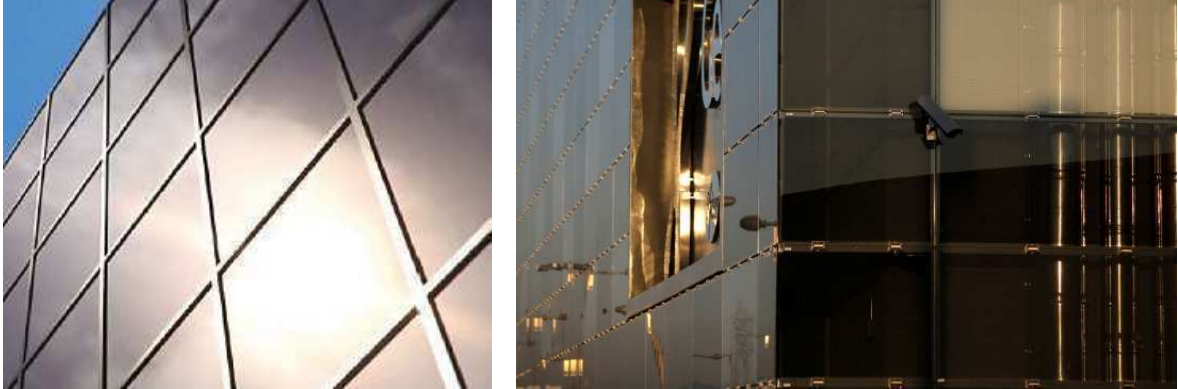


Fig. 2.19 – Revestimento com painéis fotovoltaicos, [22].

2.4.2. ISOLAMENTO TÉRMICO

Um dos aspectos principais no emprego de uma fachada ventilada é o facto de ser um sistema com isolamento pelo exterior, resolvendo de forma simples as pontes térmicas.

O Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, aprovado pelo Decreto-Lei nº 40/90 de 6 de Fevereiro [23] e revisto posteriormente no Decreto-Lei nº 80/2006 de 4 de Abril [7], vem estabelecer requisitos de qualidade da construção em Portugal, nomeadamente na aplicação de isolamento térmico nos edifícios, limitando as perdas térmicas e controlando os ganhos solares excessivos. Esta nova revisão vem impor limites aos consumos energéticos para a climatização e produção de águas quentes que, aliados à preocupação crescente com a actual crise energética, incentiva a utilização de sistemas eficientes e de fontes energéticas com menor impacto em termos de energia primária [24].

Costa define isolante térmico como material de baixo coeficiente de condutividade térmica, normalmente poroso cuja elevada resistência térmica se baseia na baixa condutibilidade do ar contido nos seus vazios [25].

As soluções de isolamento térmico empregues na construção civil são diversas sendo os materiais normalmente utilizados o poliestireno expandido moldado ou extrudido, lã mineral de rocha / vidro, placas de aglomerado de cortiça ou a espuma de poliuretano projectado.

Das soluções acima apontadas constata-se que, em fachadas ventiladas, utiliza-se preferencialmente as espumas de poliuretano projectado e as placas de poliestireno extrudido. Recorre-se também a painéis de lã de rocha e vidro sendo estes, no entanto, menos recomendáveis quando haja possibilidade de contacto com a água pois o seu desempenho fica prejudicado apesar das suas propriedades incombustíveis.

Caracterizam-se de seguida as três soluções referidas acima, como as mais utilizadas.

2.4.2.1. Espuma de poliuretano projectado (PUR)

As espumas de poliuretano obtêm-se a partir de uma reacção química entre dois componentes líquidos, o polioli e o isocianeto, com recurso a equipamento de projecção adequado que aplica o produto nas superfícies a isolar a alta pressão. A reacção química que se dá é rápida e exotérmica. O calor libertado na reacção origina a vaporização dos agentes expansores presentes nos componentes que ficam retidos nas células de espuma, tornando-se estes os principais responsáveis pelas boas características de isolamento térmico deste produto [26] [27].

Este produto é recomendado como isolante térmico de fachadas ventiladas, em particular em edifícios com grandes áreas de fachada. Isto deve-se ao facto de ser um produto de rápida aplicação e por assegurar continuidade sem juntas, como ilustrado na Figura 2.20, com óptima aderência a qualquer tipo de suporte e eliminando também as pontes térmicas.

A espuma rígida de poliuretano obtida é formada por células fechadas e estanques à água provocando alta eficiência como isolante térmico e como produto impermeável. Apresenta também baixa permeabilidade ao vapor de água, reduzindo a condensação e aumentando a resistência aos microorganismos, não favorecendo o desenvolvimento de fungos e bactérias.



Fig. 2.20 – Isolamento térmico em poliuretano projectado aplicado em fachada.

Relativamente ao desempenho de reacção ao fogo este produto pode apresentar, de acordo com a EN 13501-1, uma classificação C a F.

2.4.2.2. Poliestireno extrudido (XPS)

Entende-se por XPS ou poliestireno extrudido um isolamento térmico fabricado em placas rígidas de espuma, com estrutura celular fechada por ser obtida por um processo de extrusão em contínuo que contém um gás expansor inflamável que lhe é adicionado no processo de fabrico. A sua estrutura em

célula fechada torna-o num produto com quase absorção nula de água e humidade. Exibe uma elevada resistência química e à compressão e possui resistência ao manuseamento em obra e durabilidade.

A aplicação deste material em obra é bastante simples e aliada ao baixo peso das placas e facilidade de transporte torna-o um produto de utilização preferencial ao poliuretano projectado. Contudo, quando mal aplicado, pode originar zonas de pontes térmicas como é o caso das zonas entre os perfis de alumínio, que são aplicados primeiro, onde o isolamento térmico tem de ser interrompido. (Figura 2.21).



Fig. 2.21 – Isolamento térmico em poliestireno extrudido aplicado em fachada.

As soluções de mercado deste tipo de material apresentam uma classificação, normalmente, de E em relação à reacção ao fogo.

2.4.2.3. Lã de Rocha

Apresentando-se em forma de placa ou manta, a lã de rocha provém de fibras minerais de rocha vulcânica (Figura 2.22). O seu fabrico resume-se à produção de fibras, pelo aquecimento das rochas, que são, posteriormente, comprimidas na densidade e espessura desejadas e aglomeradas com resinas orgânicas.

O produto final, além da sua eficácia em isolamento térmico, é também um excelente isolamento acústico graças a sua estrutura fibrosa, possuindo elevados índices de absorção acústica. Devido à sua estrutura não capilar, a lã de rocha é repelente à água bem como incombustível, independentemente da sua densidade. Ainda assim esta solução pode apresentar graus de combustibilidade diferentes consoante o teor do ligante ou de outros aditivos orgânicos, bem como de eventuais revestimentos [28].

No que respeita à reacção ao fogo este produto enquadra-se, em geral, na Euroclasse entre A1 e A2.



Fig. 2.22 – Isolamento térmico em lã de rocha aplicado em fachada ventilada.

2.4.3. SISTEMA DE FIXAÇÃO

Como já foi referido anteriormente, o material de revestimento da fachada ventilada pode ser ligado ao suporte da edificação através de fixações visíveis ou ocultas. Contudo há ainda uma outra classificação que pode ser feita, para os dispositivos de fixação, consoante a forma como é aplicado ao suporte. É importante que estes sistemas sejam projectados de forma adequada de modo a garantir segurança e adequabilidade ao sistema bem como resistência à corrosão não sendo necessária manutenção.

O sistema de fixação pode, então, ser efectuado por uma das seguintes formas:

- Dispositivos de fixação oculta por adesão química;
- Dispositivos de fixação mecânica (visível ou oculta).

2.4.3.1. Dispositivos de fixação por adesão química

As fixações químicas utilizam como elemento de união, da peça ao suporte, um produto químico expansível que após secagem consolidam a fixação. Estas resinas são de fácil uso e minimizam a entrada de água para a parede (Figura 2.23).

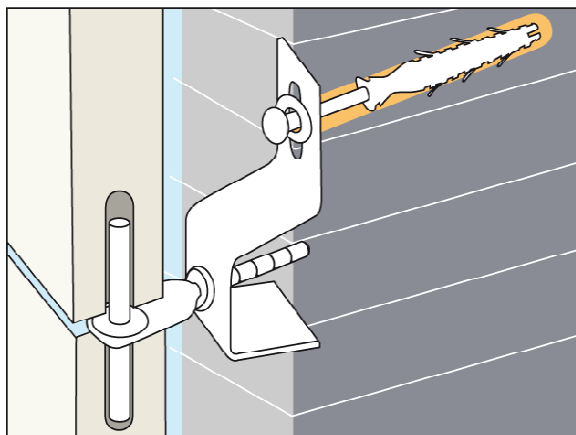


Fig. 2.23 – Fixação por adesão química.

2.4.3.2. Dispositivos de fixação mecânica

A fixação mecânica dos revestimentos pode ser feita directamente ao suporte ou através de uma estrutura intermédia.

A primeira opção de fixação aplica-se essencialmente recorrendo a ancoragens pontuais. Este tipo de fixação é realizado por meio de perfurações directamente no suporte onde são fixas as ancoragens, tornando o sistema menos dispendioso mas comprometendo, muitas das vezes, a sua versatilidade pelo número de ancoragens, como se pode observar na Figura 2.25.

Existe também a opção técnica de fixação mista com recurso à colagem e à fixação mecânica com ancoramento, em simultâneo (Figura 2.24).



Fig. 2.24 – Ancoragens pontuais.

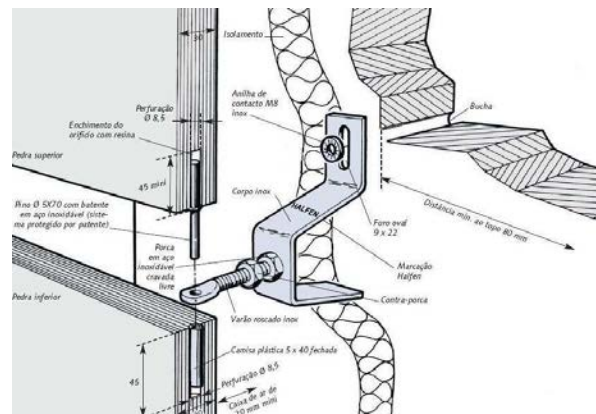


Fig. 2.25 – Ancoragens pontuais reguláveis.

A fixação por subestrutura pode ser constituída por madeira ou aço inoxidável, sendo mais usual a segunda hipótese, por ser mais durável e resistente. Trata-se de uma solução mais rápida, que pode

admitir diversos tipos de revestimentos e permite também controlar melhor a deformação transmitida do suporte ao revestimento (Figura 2.26).



Fig. 2.26 – Fixação através de estrutura intermédia.

Quando se trata de colocar na fachada materiais com uma espessura superior a 20mm o sistema ideal é conseguido por fixação da peça sobre margem superior e inferior, de modo a que os perfis horizontais a possam acomodar e fixando-se assim ao resto da estrutura mediante grampos de aço (Figura 2.27). Embora este sistema tenha sido desenvolvido principalmente para pedra natural permite similarmente a colocação de revestimentos em fibrocimento, painéis cerâmicos ou outros.



Fig. 2.27 - Fixação para revestimentos de grande espessura, [29].

Com este sistema o tipo de encaixe para fixar o painel à perfilaria é visível desde o exterior, como mostrado na Figura 2.28. Normalmente utilizam-se grampos de aço inoxidável que seguram o painel unindo-o ao perfil metálico e vulgarmente lacados da mesma cor que o próprio revestimento, com o objectivo de reduzir o impacto visual e estético.

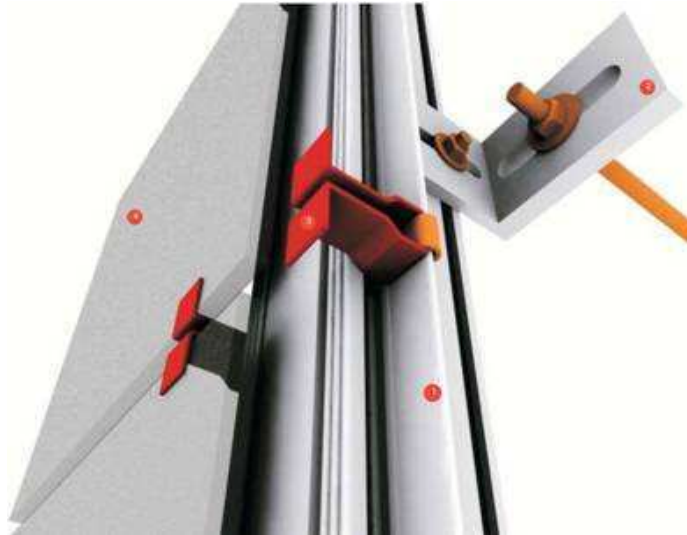


Fig. 2.28 - Fixação visível para espessura fina, [29].

Consegue-se, com a sobreposição dos painéis formando escamas levemente sobrepostas, uma forma eficaz de garantir a estanquidade das juntas (Figura 2.29). Este sistema encontra-se pensado para placas cerâmicas, podendo, no entanto, aplicar-se a peças de pedra natural laminadas ou placas de alumínio também.



Fig. 2.29 - Sistema de fixação com sobreposição de painéis, [29].

No sistema de fixação oculta, os encaixes de fixação da peça de revestimento não são visíveis (Figura 2.30). Isto é conseguido através de cortes que são feitos no dorso da peça e que permitem a colocação

de elementos em aço inoxidável, que se aparafusam a um perfil de alumínio e este, por sua vez, é fixo através de ganchos de pressão ao perfil horizontal [16].



Fig. 2.30 - Fixação oculta para elementos de espessura fina, [29].

2.4.4. SISTEMA DE VENTILAÇÃO

Os sistemas de fachada ventilada caracterizam-se pela existência de ventilação por meio de uma caixa-de-ar, entre a camada de isolamento térmico e o revestimento exterior. A razão fundamental desta lâmina de ar é uma questão de durabilidade, pois permite a evacuação do vapor de água evitando que ocorram condensações nesta zona.

O sistema ventilado pode ser dividido em: sistema ventilado com ventilação mecânica e sistema ventilado com ventilação natural.

O sistema de ventilação mecânica induz o fluxo do ar no interior da câmara com o auxílio de um equipamento adequado tal como exibido na Figura 2.31. A escolha apropriada da ventilação (dimensão, quantidade, localização e divisão em câmaras de ventilação constante e compartimentos herméticos) é requisito indispensável para o bom desempenho do sistema [13].

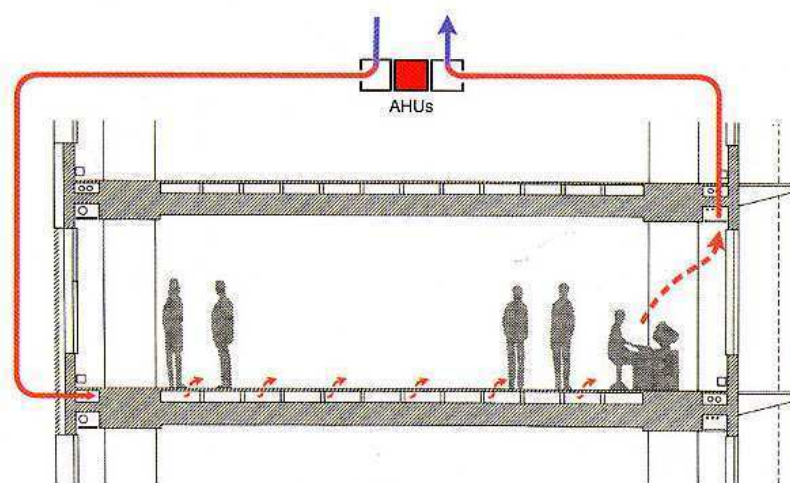


Fig. 2.31 – Ventilação mecânica com recuperação de calor.

A ventilação natural é caracterizada pelo “efeito chaminé”, responsável pela eliminação, por convecção, do ar aquecido dentro da câmara-de-ar, devido à variação da densidade de ar, e remoção do vapor de água presente no interior das paredes (Figura 2.32).

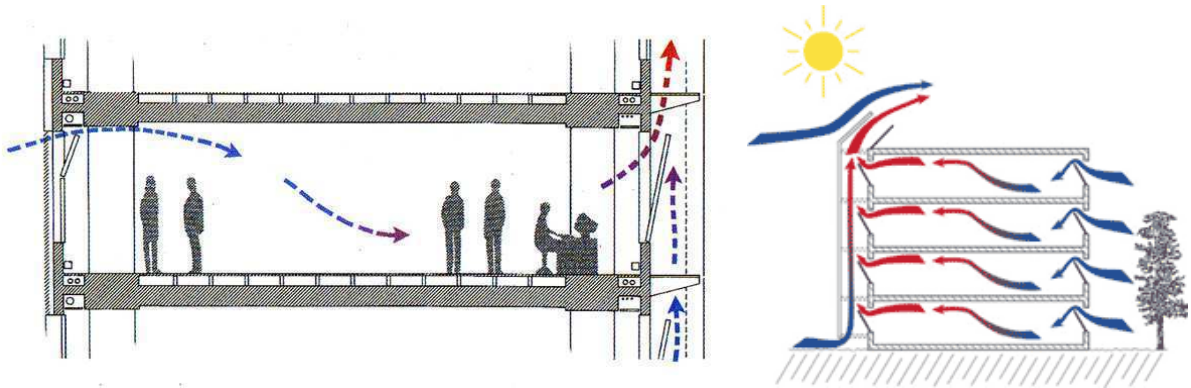


Fig. 2.32 – Ventilação natural em edifícios.

A eficácia deste sistema depende da manutenção das zonas de entrada e saída de ar, ou seja, é imprescindível que estas aberturas estejam sempre desimpedidas de forma a assegurar um fluxo de ar permanente.

A movimentação de ar no interior da câmara pode ser feita pelo, já designado, efeito chaminé ou também através da pressão do vento. Quando correctamente projectada o vento ao incidir sobre a fachada poderá criar diferentes pressões entre a entrada e a saída da câmara, induzindo a circulação do ar (Figura 2.33). Contudo deverá ser assegurado que as pressões resultantes do efeito chaminé não sejam anuladas pelas forças resultantes do vento. Para tal adopta-se uma espessura mínima de 30mm para a caixa-de-ar.

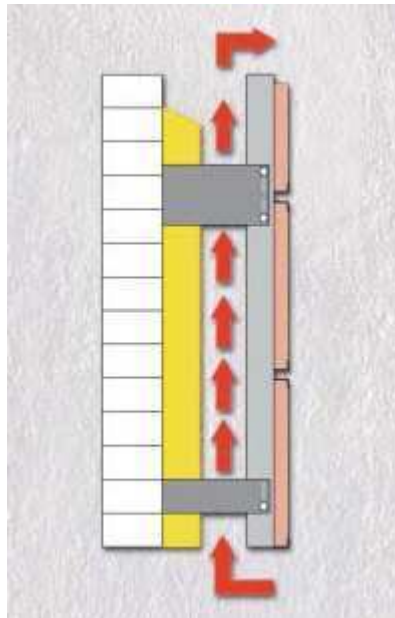


Fig. 2.33 – Ventilação na caixa-de-ar em fachada ventilada pelo *efeito chaminé*.

2.5 EXIGÊNCIAS DE DESEMPENHO

A elaboração de um projecto para fachada ventilada deve abranger diversas etapas, tais como, a escolha dos materiais constituintes do sistema, o estudo de viabilidade, análise de custos, detalhes construtivos da obra e especificações técnicas a ser atendidas. E, numa fase posterior, deve ter-se também em consideração a fase do projecto para a produção do sistema propriamente dito.

A coordenação do projecto de execução é imprescindível para a garantia da qualidade global do produto final e na qual se torna necessário que tanto projectistas como executantes de obra possuam pleno conhecimento das características do sistema, por forma a conceber a obra adequadamente, sem necessidade de adaptações improvisadas.

As exigências funcionais surgem como as funções que o edifício deve desempenhar na sua globalidade para satisfazer as necessidades dos utentes.

Com a subdivisão do edifício em diferentes partes, onde cada elemento assegura uma ou mais funções no edifício, surge a associação das exigências funcionais a cada órgão, definindo propriedades específicas dos produtos desses mesmos órgãos, designada por exigência de desempenho.

O conceito deste termo serve para quantificar as características de um produto de modo a avaliar a sua aptidão para satisfazer as exigências de desempenho do órgão onde se insere, nas condições reais de utilização.

Para fazer face à disparidade que por vezes se verifica entre as normas nacionais, aprovações técnicas e outras especificações e disposições técnicas na comercialização de produtos de construção no interior da União Europeia, surgiu a Directiva dos Produtos de Construção 89/106/CEE (CPD) [30].

As seis exigências essenciais constituem o conjunto de requisitos mínimos que os produtos de construção devem respeitar, de modo a que as obras em que sejam montados ou instalados possam ser consideradas aptas ao uso durante o período de vida para o qual foram concebidas, e são:

- ER1 – Resistência mecânica e estabilidade
- ER2 – Segurança contra incêndios
- ER3 – Higiene, saúde e ambiente
- ER4 – Segurança na utilização
- ER5 – Protecção contra o ruído
- ER6 – Economia de energia e retenção de calor

2.6 PATOLOGIAS EM FACHADAS VENTILADAS

Na concepção de um sistema de fachada ventilada é essencial conhecer o comportamento do revestimento. Com a variedade de materiais aplicáveis actualmente torna-se útil conhecer as características destes e a forma como se comportam no funcionamento do sistema. Refere-se, por exemplo, a influência que a acção da água pode exercer no peso próprio do revestimento. Em materiais que absorvem muita água, o peso pode variar de forma significativa. Este aumento de peso pode, caso o dimensionamento não antecipe este efeito, pôr em causa a resistência mecânica e estabilidade.

Os revestimentos da fachada apresentam-se como um elemento funcional com papel bem definido num edifício, nomeadamente o de protecção e acabamento final.

Entende-se que as funções de protecção estão associadas às exigências de durabilidade dos elementos estruturais, procurando proteger os elementos de isolamento e a estrutura de suporte dos agentes

agressivos do exterior, evitando uma acção directa sobre estes. O revestimento deve, igualmente, assegurar estanquidade à água, protecção termo-acústica e funções de segurança, nomeadamente contra a acção do fogo.

Por outro lado, o acabamento final está associado ao aspecto estético e à valorização económica do edifício e demais funções relacionadas com o uso do edifício.

Como principais agentes de degradação dos elementos de revestimento exterior distinguem-se:

- A agressividade do clima, pelo que os efeitos climáticos combinados potenciam uma maior degradação do revestimento como as incidências de chuvas e ventos sobre as superfícies;
- Alterações dimensionais, deslocações e variações de volume que todos os edifícios sofrem, ao longo da sua vida, e que, consequentemente, dão origem a tensões, que provêm sobretudo de fenómenos de variação de temperatura e humidade reflectindo-se no desempenho dos revestimentos exteriores;
- A acção humana é, também, responsável por diversas patologias nas fachadas ventiladas.

As patologias mais comuns verificadas em sistemas de fachada ventilada são os problemas relacionados com o desprendimento e queda do revestimento, como pode ser observado na Figura 2.34. Estes devem-se particularmente a aplicações deficientes, má qualidade do material utilizado no revestimento de fachada, movimentos de suporte ou a sistemas de fixação mal concebidos, verificando-se uma deterioração das zonas de contacto com o revestimento.



Fig. 2.34 – Queda de painéis de revestimento.

Menos gravesas, mas também com alguma incidência, surgem outras anomalias ao nível dos revestimentos como (Figura 2.35), [31]:

- Aparecimento de fissuras, associadas a choques, fixações inadequadas ou movimentos do suporte. O revestimento não deve ter nenhuma relação rígida com o edifício que envolve. Deve ser adequadamente colocado, com juntas de dimensão apropriada, de modo a assegurar que pode deformar-se livremente sem fissurar;
- Placas descaídas do seu ponto de fixação ou partidas;

- Manchas de oxidação nas placas ou junto às juntas devido à absorção excessiva de água por parte do revestimento com desenvolvimento de microorganismos tais como algas, fungos e líquenes;
- Variações de cor;
- Humidades ascensionais;
- Pontes térmicas;
- Infiltrações na câmara-de-ar;
- Degradação e desgaste das placas;

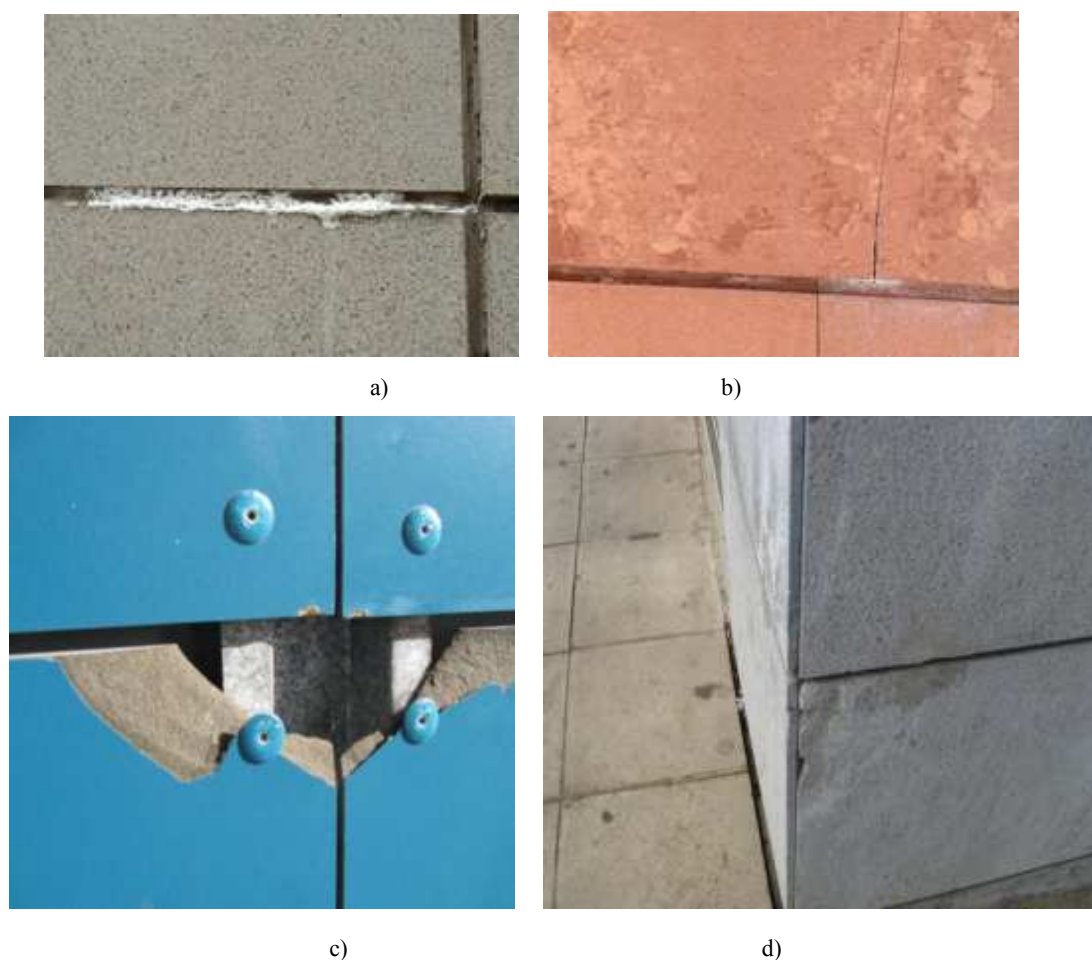


Fig. 2.35 – Patologias: a) efluorescências nas juntas; b) fissuração; c) quebra na zona de fixação; d) desgaste.

A corrosão apresenta-se como uma das principais patologias a nível das fixações e pode desenvolver-se devido a agentes como a oxidação do material químico e mecânico, reacções catódicas ou contacto com outros metais.

A escolha do tipo de fixação do revestimento exterior deve ser determinada pelas características da parede pois nem todas as soluções de estrutura de suporte apresentam resistência pontual suficiente de modo a garantirem um suporte adequado para a fixação mecânica (Figura 2.36).



Fig. 2.36 – Quebra na zona de fixação.

Genericamente a utilização de uma estrutura auxiliar como suporte de fixação não estabelece qualquer restrição ao tipo de suporte oferecido pelo edifício. No entanto, uma fixação pontual deve ser aplicada somente em suportes suficientemente fortes de modo a prender a fixação.

A nível de juntas há que ter em atenção a garantia de certas funcionalidades onde geralmente se notam mais complicações. Relativamente ao painel devem ser garantidas as condições de verticalidade, impermeabilidade à água e resistência aos agentes ambientais. Por conseguinte o sistema de encaixe deve facilitar o alinhamento, nivelamento e encaixe posterior de novas peças bem como simplificar o sistema de montagem e manutenção do sistema. Deste modo a junta estará em condições de garantir estanquidade, tolerâncias dimensionais, limpeza, e reter a entrada e alojamento de seres de pequena dimensão.

Como já foi anteriormente referido, o facto de a fachada ventilada ser uma solução que aplica o isolamento térmico pelo exterior é por si só um aspecto vantajoso que permite eliminar as pontes térmicas, causadoras de patologias nos edifícios. No entanto o isolamento deve envolver o edifício da forma mais completa e contínua possível tendo em conta que se isso não se verificar podem advir patologias com origem em fenómenos de condensação.

Certas soluções de fachada apresentam pouca preocupação em garantir essa continuidade do isolamento, onde os perfis de fixação do revestimento interrompem essa continuidade. Uma forma de evitar a descontinuidade do isolamento é através da ligação entre o elemento de suporte e a estrutura de fixação do revestimento que pode ser feita através de perfis. Assim, garante-se o bom comportamento energético da zona opaca da fachada.

Relativamente a patologias relacionadas com as paredes de suporte e isolamento térmico observam-se as seguintes, [31]:

- Aproximação dos panos, que pode comprometer o desempenho da caixa-de-ar;
- Panos exteriores com espessuras muito reduzidas, que podem oferecer pouca estabilidade, falta de verticalidade e não coesão com peças de fixação ao pano interior;

- Má execução da caixa-de-ar, desde a má aplicação do isolamento térmico, que deve ficar totalmente aderido ao pano interior, e mau comportamento térmico do edifício, que, juntamente com a má qualidade das juntas, pode entrar em contacto directo com água que se infiltra na caixa-de-ar originando uma notória perda ou diminuição das suas qualidades;
- Desprendimento do isolamento devido a processos de fixação defeituosos;
- Uso de isolamentos térmicos não hidrófugos.

Assim, o controlo de qualidade de execução deve fazer parte integrante da concepção da fachada, já que sem o seu estabelecimento, e uma vez que não existem especificações regulamentares de aplicação desta solução construtiva, aponta-se como uma forma eficaz de garantir a conformidade da produção de acordo com os padrões estabelecidos em projecto. As acções de controlo devem definir quais as medidas a tomar no caso da presença de não conformidades e podem servir, igualmente, para averiguar a aplicabilidade do sistema, em função dos critérios de projecto estabelecidos. Uma construção de fachada ventilada com qualidade requer mão-de-obra qualificada e com experiência em obras de instalação similar, e o uso adequado dos materiais e das técnicas utilizadas.

3

COMPORTAMENTO AO FOGO DE FACHADAS VENTILADAS

No presente capítulo pretende-se caracterizar o comportamento ao fogo em edifícios com sistema de fachadas ventiladas e a sua inserção no quadro legislativo em vigor, para uma melhor compreensão do desempenho dos produtos face à acção do fogo.

3.1. ANÁLISE DO FENÓMENO – O FOGO

Da mesma forma que, a determinada altura da concepção do projecto, é necessário considerar protecção contra incêndios no edifício como parte integrante do projecto, é, analogamente, importante compreender o fenómeno do fogo e o seu comportamento para que os princípios de segurança possam ser devidamente aplicados.

O fogo consiste num fenómeno que se manifesta por chamas, emissão de fumos e gases, e libertação de calor originados pela combustão, uma reacção química exotérmica de oxidação entre o combustível e o comburente. Por se tratar de um processo termoquímico exotérmico de oxidação, o comburente presente na combustão é o oxigénio, enquanto como combustível entende-se qualquer substância que seja susceptível de iniciar uma combustão na presença de um comburente e de uma temperatura de ignição, que se trata da energia necessária a ser fornecida ao combustível para o inflamar.

O processo de combustão pode dar-se de um modo completo ou incompleto. Caso não haja suprimento adequado de oxigénio, o combustível não é consumido na sua totalidade, resultando deste tipo de combustão inúmeros subprodutos que são ainda combustíveis. Este caso denomina-se de combustão incompleta, que é mais comum que a completa. Na combustão completa dá-se o consumo total de combustível, dada a existência de uma percentagem suficiente de oxigénio, produzindo um número limitado de produtos.

Consoante os níveis de temperatura atingidos na combustão e pela sua duração, a combustão pode ter diferentes tipologias.

A combustão lenta dá-se quando esta se produz a uma temperatura suficientemente baixa, isto é, inferior a 500 °C, não havendo, regra geral, emissão de chamas nem fumos.

Uma combustão é considerada viva quando nela há uma emissão de fumos mais ou menos opacos e uma radiação luminosa, sendo esta combustão vulgarmente designada por fogo. Verifica-se, no caso da combustão em sólidos, a incandescência a partir da sua ignição e também através da formação de brasas.

Quando a combustão é resultado da mistura súbita de gases ou partículas finamente divididas com o ar, criando um mistura explosiva ou detonante que ocupe todo o espaço de ar onde está contida e

propagando-se a uma velocidade superior a 340 m/s, designa-se este processo por combustão por explosão, [32].

Os mecanismos de desenvolvimento e propagação de um incêndio estão relacionados com fenómenos físicos comuns de transferência de energia térmica feita através de processos de condução, convecção e radiação.

A condução pode ocorrer em corpos sólidos ou fluidos em repouso, em contacto por transferência de calor. A interacção das partículas que estão em contacto umas com as outras permite a troca de energia dos corpos mais quentes, com maior vibração, para os corpos mais frios com menores movimentos vibratórios.

Na convecção, por sua vez, a transmissão de calor só pode ocorrer em fluidos (líquidos e gases) dando origem a um fluxo de ar quente que se desloca rapidamente originando um movimento macroscópico das partículas quentes que ascendem para dar lugar às partículas com temperaturas inferiores e mais densas.

Por fim, o processo de transferência de energia através de radiação não necessita de meio material para se propagar pois o calor presente na superfície do corpo é transformado em radiação electromagnética. Ao atingir a superfície do corpo receptor uma componente do calor, transportado sob a forma de radiação, é absorvida resultando numa transferência de calor mas a restante parte sofre reflexão. Num incêndio já com um considerável grau de desenvolvimento a distância considerada crítica em termos deste emitir energia suficiente para provocar a sua propagação a corpos adjacentes é de oito metros, [33].

Existe, contudo, outro processo de transmissão de calor que, ainda que não contemplado pelas leis gerais da termodinâmica, deve ser tido em consideração como o mecanismo de propagação das chamas em edifícios, dado a relevância que este pode assumir nesta situação. Esta transmissão dá-se por intermédio das partículas aquecidas ou inflamadas que se desprendem do corpo em combustão e são projectadas, podendo atingir outros corpos que não estão em processo de combustão e desencadear o início deste.

3.2. CLASSIFICAÇÃO DO COMPORTAMENTO DOS PRODUTOS DE CONSTRUÇÃO FACE AO FOGO

Os produtos de construção devem ter um comportamento adequado relativamente ao fogo devendo cumprir os limites legais de modo a minimizar tanto os riscos de deflagração de incêndio como os danos causados pelo seu desenvolvimento. A contribuição dos materiais e dos elementos da construção que possam estar na origem e desenvolvimento dum incêndio é um factor de extrema importância na avaliação dos riscos em caso de incêndio [1]. Assim, a caracterização desses materiais segundo a reacção e a resistência ao fogo é essencial, como garantia, por parte dos fabricantes, do bom funcionamento desejado para os sistemas.

Em geral, a classificação dos produtos de construção é dada segundo os resultados de ensaios normalizados que permitem estabelecer uma classificação relativa entre produtos diferentes destinados ao mesmo tipo de utilização. No entanto, para determinados produtos, a sua classificação já se encontra tabelada não sendo necessário nestes casos recorrer a ensaios.

O Decreto-Lei n.º 220/2008 [3] define o Regime Jurídico da Segurança Contra Incêndios em Edifícios (RJ-SCIE) e a Portaria n.º 1532/2008 [4], emitida posteriormente, aprova o novo Regulamento Técnico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios. Este regulamento impõe um conjunto de critérios de segurança para distintos casos desde a concepção dos espaços interiores dos edifícios, às classes de

resistência ao fogo de elementos construtivos e às classes de reacção ao fogo mínimas dos materiais de construção e até a implicações de natureza urbanística.

Após pesquisa de alguns sistemas de fachada ventilada, comercializados no mercado português, verifica-se que, de modo a caracterizar o seu comportamento face ao fogo com base nos ensaios descritos de acordo com a norma EN 13501-1 [34], a classificação é feita, maioritariamente, às placas de revestimento exterior, não se conferindo tanto peso à classificação do sistema de fixação ou mesmo do conjunto da solução, em geral.

Segundo Siqueira Júnior [13] no caso das fachadas ventiladas, os elementos com menor resistência ao fogo são todos os materiais metálicos aplicados na estrutura de suporte, nomeadamente os perfis e as cantoneiras de alumínio e eventuais parafusos que possam estar expostos. Revela-se, assim, interessante estudar o comportamento, em situação de incêndio, dos materiais constituintes de algumas soluções deste tipo de fachadas, o que será feito mais à frente.

3.2.1. RESISTÊNCIA AO FOGO

A resistência ao fogo caracteriza a capacidade de um elemento de construção ou de outros componentes de um edifício de conservar, durante um determinado período de tempo, a estabilidade e/ou estanquidade e/ou isolamento térmico e/ou a resistência mecânica e/ou qualquer outra função específica, quando sujeito ao processo térmico resultante de um incêndio.

Descreve-se, abaixo, a antiga classificação de resistência ao fogo de acordo com as especificações Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) e, em seguida, a actual classificação segundo o sistema europeu.

Segundo a antiga Regulamentação Nacional, a qualificação da resistência ao fogo dos elementos de construção depende do grau de exigência que é necessário garantir, sendo a divisão feita segundo as seguintes classes:

- Estável ao fogo (EF);
- Pára - chamas (PC);
- Corta-fogo (CF).

Esta classificação de resistência ao fogo compreende, para cada classe, dez escalões de tempo, em minutos: 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240 e 360, durante os quais um determinado sistema construtivo mantém as características resistentes, em condições de fogo normalizado (ISO 834).

Na União Europeia o desempenho face ao fogo de produtos e de elementos de construção encontra-se normalizado pela EN 13501. Em particular a parte 2 dessa norma descreve os critérios de classificação a adoptar com recurso aos resultados de ensaio que devem ser aplicados de resistência ao fogo [35]. As exigências atendem aos seguintes parâmetros:

- R - capacidade de suporte de carga;
- E - estanquidade à emissão de chamas e gases quentes;
- I - isolamento térmico;
- W - radiação;
- M - acção mecânica;
- C - fecho automático;
- S - passagem do fumo;
- P ou PH - continuidade de fornecimento de energia eléctrica e/ou de sinal;
- G - resistência ao fogo;

– K - capacidade de protecção contra o fogo.

Da mesma forma, esta classificação compreende os mesmos dez escalões de tempo mencionados acima.

No entanto, esta classificação destina-se sobretudo a configurações correntes de elementos de construção. Para produção de paredes exteriores, para além das exigências relativas à configuração dos elementos, as exigências de resistência ao fogo só são exigidas para elementos salientes na fachada e para paredes exteriores em confronto com outras fachadas. Posto isto, a avaliação do comportamento ao fogo de paredes exteriores é avaliada, essencialmente, de acordo com a reacção ao fogo dos produtos de construção.

3.2.2. REACÇÃO AO FOGO

Entende-se como reacção ao fogo a resposta de um produto ao contribuir, pela sua decomposição, para o início e desenvolvimento de um incêndio. Esta propriedade pode ser avaliada segundo um conjunto de ensaios normalizados efectuados de acordo com as normas europeias e, quando classificada, dá origem à constituição de classes imposta pela marcação de Conformidade Europeia (CE).

A marcação CE nos produtos de construção destinados a serem incorporados nas obras de construção, é abrangida pela DPC, Directiva nº 89/106/CE, de 12 de Dezembro, alterada pela Directiva 93/68/CEE, de 22 de Julho de 1993. Segundo esta Directiva, a marcação CE é aposta quando a empresa provar que a conformidade dos produtos destinados a obras de construção e o seu sistema de gestão de qualidade estão conforme o estipulado nas normas homologadas (ou normas nacionais consideradas equivalentes pela Comissão Europeia), [36].

Em caso de produtos inovadores, para os quais não se apropriem as normas europeias harmonizadas ou normas nacionais aplicáveis, o decreto define o conceito de Aprovação Técnica Europeia (ETA - European Technical Approval). As ETA podem ser concedidas com base em Guias de Aprovação Técnica Europeia (ETAG – Guidelines for European Technical Approvals) e, em Portugal, o organismo autorizado a emití-las é o LNEC, [36].

O RT-SCIE posteriormente especifica os limites que devem ser impostos para o grau de reacção ao fogo a revestimentos e materiais de construção consoante o tipo de revestimento e a altura do edifício.

O sistema de classificação europeia de reacção ao fogo dos produtos de construção vem descrito em pormenor na norma europeia EN 13501-1, [34].

As classes de reacção de produtos de construção são atribuídas usando os seguintes símbolos: A1, A2, B, C, D, E, F. a produção de fumos e queda de gotas ou partículas inflamadas é atribuída numa classificação adicional s1, s2, s3 e d0, d1, d2 respectivamente.

Descrição das classes:

- A1: Produtos que não têm nenhuma contribuição para o fogo;
- A2: Produtos que não contribuem significativamente para o fogo;
- B: Produtos que contribuem para o fogo numa extensão muito limitada;
- C: Produtos que contribuem para o fogo numa extensão limitada;
- D: Produtos que contribuem para o fogo numa extensão aceitável;

E: Produtos cuja reacção ao fogo é aceitável num período de exposição pequeno a uma chama pequena;

F: Produtos que não têm reacção ao fogo determinada e que não podem ser classificados nas outras classes.

Não é atribuída nenhuma classificação adicional apenas às classes A1 e F.

Classificação complementar, são duas:

s1: A produção de fumo é muito reduzida;

s2: A produção de fumo é limitada;

s1: A produção de fumo não satisfaz as exigências das classes s1 e s2;

d0: Não ocorrem partículas ou gotículas inflamáveis;

d1: As partículas ou gotas inflamáveis extinguem-se rapidamente;

d2: A formação de partículas ou gotas inflamáveis não satisfaz as exigências das classes d0 e d1;

A classificação europeia foi recentemente adoptada na nova regulamentação nacional de segurança contra incêndio em edifícios pelo Decreto-Lei n.º 220/2008, [3].

3.3. COMPORTAMENTO AO FOGO DE ELEMENTOS E PRODUTOS DE CONSTRUÇÃO

De seguida são expostas considerações e possíveis consequências da exposição de elementos presentes em sistema de fachada ventilada a um cenário de incêndio. As características dos materiais empregues têm um papel fundamental na forma como o incêndio se desenvolve na medida em que um material inflamável, quando em contacto com o fogo, entra rapidamente em combustão, contribuindo para o alongamento das chamas que atingem mais rapidamente a envolvente e possuem maior intensidade. Pretende-se assim fazer uma análise do comportamento ao fogo de diferentes soluções de revestimentos e subestruturas aplicáveis neste tipo de sistema.

Quando exposto a um incêndio o revestimento exterior da fachada, ao ser consumido pela envolvente das chamas, pode destacar-se do sistema expondo a camada de isolamento térmico ao fogo potenciando a propagação deste pela envolvente do edifício. A caixa-de-ar, característica deste sistema para ventilação, desempenha assim um papel importante na propagação do incêndio por ser uma via fácil por onde as chamas podem penetrar no interior do sistema, criando um risco significativo de rápida expansão do incêndio a consideráveis distâncias do foco inicial e podendo originar o colapso do sistema.

Uma das soluções mais comuns, para minimizar este problema, consiste na colocação de barreiras corta-fogo em alumínio ou em aço não corrosivo podendo, no entanto, invalidar o efeito chaminé. Este assunto, dada a sua importância, será abordado, novamente, no Capítulo 5 pois merece um estudo mais detalhado das soluções existentes no mercado.

O desempenho ao fogo dos materiais de revestimento varia consoante a sua combustibilidade. No caso de serem painéis combustíveis, como é o exemplo dos de madeira modificada e dos produtos compósitos de metais com núcleo de polietileno, de cimento e madeira ou até resinas termo

endurecidas e madeira, existe o risco da brusca propagação do fogo pelo sistema, especialmente se estes produtos não apresentarem qualquer característica retardante ao fogo. Este tipo de materiais, muitas das vezes, devem a sua grande combustibilidade aos produtos empregues no seu acabamento como o alumínio ou resinas termo endurecidas. Em painéis cujo núcleo é de polietileno é comum este ser produzido com cargas minerais pois trata-se de um produto retardante ao fogo. No caso de madeiras modificadas, estas podem obter uma classe de reacção ao fogo mais satisfatória quando aplicado um verniz retardante na sua superfície.

Os materiais incombustíveis, como é o caso dos painéis cerâmicos, de pedra natural ou em grés porcelânico, quando expostos a um cenário de incêndio tendem a fissurar e, eventualmente, destacar-se do sistema se a integridade das fixações for perdida permitindo que o fogo alcance o isolante térmico.

O uso de isolamento térmico incombustível, à base de fibra de rocha, como é o caso da lã de rocha, minimiza também o risco de propagação do incêndio ou até a sua ocorrência. Trata-se de um material incombustível, com um comportamento ao fogo bastante satisfatório pelo que, quando sujeito a altas temperaturas, tem tendência a perder alguma integridade, amolecendo, mas não arde.

Materiais termo rígidos, como a espuma de poliuretano projectado, são na sua maioria combustíveis, pelo que, quando em contacto directo com as chamas vão arder e carbonizar, libertando gases inflamáveis.

No entanto, este tipo de materiais não derretem nem formam gotas incandescentes, como é o caso dos termoplásticos. São exemplos mais comuns desta tipologia o EPS e o XPS e dificilmente atingem uma classe de reacção ao fogo melhor que um E.

Contudo, no sistema de fachada ventilada, os elementos que apresentam menor resistência ao fogo são os materiais aplicados na estrutura de suporte do revestimento exterior, nomeadamente, as estruturas metálicas em alumínio e eventuais parafusos que tenham sido utilizados, levando à perda de resistência local à medida que são aquecidas e à sua deformação quando expostas a situações de incêndio prolongado.

3.4. CASOS PATOLÓGICOS COM FACHADA VENTILADA DE INCÊNDIOS EM EDIFÍCIOS

Tendo-se verificado, recentemente e, no âmbito da crescente aplicação de sistemas de revestimento pelo exterior, a ocorrência de sinistros em edifícios portugueses cuja propagação se pensa ter ocorrido com a contribuição deste tipo de solução, pretende-se, com esta investigação, perceber os riscos acrescidos de incêndio no uso de soluções de fachada ventilada.

Seguidamente, serão apresentados três casos de incêndio ocorridos em Portugal, entre Abril de 2008 e Julho de 2010, para uma melhor percepção da eventual necessidade de disposições regulamentares complementares de segurança contra incêndios, nomeadamente no que se refere a exigências feitas para elementos de construção e compartimentação corta-fogo.

3.4.1. EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR, V. N. GAIA, ABRIL DE 2008

O incêndio ocorreu num edifício de apartamentos com oito pisos e teve a sua origem num compartimento no quinto piso. Tratava-se de um sistema de fachada ventilada constituído pelo isolamento térmico composto por poliuretano projectado, uma estrutura auxiliar metálica fixa à base de suporte do edifício na qual assentavam painéis compósitos de alumínio com núcleo em espuma

plástica combustível. Ao atingir a fachada, através das janelas, e devido às altas temperaturas, alguns painéis de revestimento cederam, permitindo que o fogo alcançasse o núcleo combustível (possivelmente em polietileno) o qual derreteu e entrou em combustão. Verifica-se então uma brusca propagação a todo o revestimento exterior no qual se via o material plástico do núcleo a arder e a libertar gotas inflamáveis. Essas gotas foram responsáveis pela propagação do fogo aos pisos adjacentes. Em adição à combustão do revestimento exterior, o fogo alcançou também a caixa-de-ar ventilada onde encontrou o isolamento, facilmente combustível, que ardeu e carbonizou, alastrando-se a todo o espaço de ar devido ao efeito chaminé, [37] [38].

Para além de infiltrações de água nos pisos inferiores, o fogo acabou por não provocar baixas humanas devido à intervenção rápida dos bombeiros. Contudo, a contribuição tanto do revestimento exterior como do isolamento térmico causaram danos de grandes dimensões em quase toda a extensão da parede exterior do edifício devido às chamas elevadas que eram visíveis no exterior do edifício [1] tal como ser observado pelas Figuras 3.1 e 3.2. Salvador Almeida, comandante dos bombeiros sapadores da cidade de V. N. Gaia, comentou:

"As chamas rapidamente alastraram e só a intervenção rápida e musculada dos bombeiros, pelas escadas e pelo alçado exterior do edifício, evitaram que tivesse consequências mais graves".



Fig. 3.1 – Abril 2008, Prédio em V.N. Gaia após extinção do incêndio.



Fig. 3.2 – Abril 2008, Pormenor do prédio em V.N. Gaia, após extinção do incêndio.

3.4.2. PRÉDIO EM CONSTRUÇÃO, LISBOA, JANEIRO E JULHO DE 2010

O incêndio deu-se a 6 de Julho de 2010 num edifício de escritórios, situado no Parque das Nações em Lisboa, com 13 andares que ainda estava em “finalização de construção”.

Crê-se que o fogo teve origem numa faixa de ligação entre o prédio, em fase de finalização de construção, e o edifício de escritórios, que "continha materiais incendiáveis", segundo disse o comandante dos Bombeiros Sapadores de Lisboa, Joaquim Leitão.

As chamas começaram na zona do primeiro andar do edifício Adamastor, na cobertura exterior do edifício, onde terá ardido uma tela de isolamento de humidade, inflamável, colocada na parte frontal da torre. O fogo alastrou-se, chegando ao 13.º andar, destruindo a cobertura exterior da obra e provocando muito fumo mas não chegando a provocar estragos no interior nem nos edifícios contíguos (Figura 3.3).

Em Janeiro o mesmo edifício em construção também sofreu um incêndio, mas Joaquim Leitão negou as semelhanças com o fogo de hoje: “O primeiro surgiu na obra que estava a decorrer, este é na fachada de ligação entre os dois prédios”, afirmou. No primeiro caso alega-se que as chamas começaram no isolamento do prédio.

Nessa altura, o incêndio no mesmo edifício situado na avenida D. João II em Lisboa não chegou a causar feridos e os danos provocados limitaram-se à cobertura de plástico que tapava os andaimes. De acordo com testemunhas, a nuvem de fumo negro – resultado da combustão do plástico – era visível a mais de vinte quilómetros, nomeadamente nos concelhos da Margem Sul. Segundo o que foi noticiado o fogo terá tido origem em faúlhas libertadas durante a soldadura de uma estrutura que decorria no 13º andar, [39] [40] [41].



Fig. 3.3 – Pormenores de prédio em Lisboa após ocorrência de incêndio.

3.4.3. HOTEL EM CONSTRUÇÃO, BRAGA, MARÇO DE 2010

O caso mais recente de incêndio verificou-se a 9 de Março de 2010 e deflagrou na infra-estrutura de um hotel em Braga, com 13 andares e em construção, causando danos consideráveis na fachada nascente. As chamas, que chegaram a atingir grandes proporções e a originar uma coluna de fumo considerável, depressa alastraram ao revestimento da fachada interior e consumiram a parte exterior da fachada, mas não terão danificado a estrutura (Figura 3.4).

O Hotel foi edificado pela empresa HOTTI - Braga Hotéis, sociedade participada pelo Grupo Britalar, através da Britalar Hotéis, e pela HOTTI Hotéis Portugal.

Segundo o director da obra, João Paulo Oliveira, o incêndio não causou feridos, nem destruiu o interior do hotel: 'Ardeu apenas um revestimento da fachada e as chamas não passaram para outras zonas já que os métodos de construção que usámos o impedem'.

De acordo com o responsável, procedia-se à colocação de uma tela de impermeabilização no segundo piso, e a causa provável do incêndio terá sido a acção de soldadura. "O incêndio só ganhou aquelas proporções porque não havia bombeiros suficientes e os que havia não iam preparados! Foram lá com

um camião e uma mangueirinha! Aquilo não ardeu mais porque era uma zona estanque, o que valeu foi que o plano de emergência funcionou a 100%", lamentou ao DN fonte da empresa liderada por António Salvador, [42] [43] [44].



Fig. 3.4 – Julho 2010, Hotel em Braga.

4

IMPLICAÇÕES DO RSCIE NA ENVOLVENTE EXTERIOR

4.1. INTRODUÇÃO

Depois de, no capítulo anterior, ter sido analisado o comportamento, em situação de incêndio, dos diversos elementos da fachada ventilada, torna-se pertinente, agora, apresentar os limites inferiores definidos pela legislação portuguesa na segurança contra incêndios em edifícios aplicado à envolvente exterior.

Os edifícios não devem permitir que ocorra propagação do incêndio pela sua fachada de modo a minimizar os danos e que a intervenção dos bombeiros seja possível e eficaz.

Em incêndios que atingem a fachada existe, geralmente, o risco destes se propagarem a níveis superiores através das aberturas, resultando em focos de incêndio secundários. É, também, do conhecimento comum, que o desenvolvimento do incêndio, pelo exterior, através dos revestimentos de fachada, revela-se um meio de fácil propagação ao fogo, particularmente em fachadas com revestimento e isolamento pelo exterior. Os riscos associados a esse acontecimento podem estar relacionados com a utilização de isolamentos térmicos combustíveis de grande espessura ou com um mau desempenho destes em termos de reacção ao fogo, com a inexistência de barreiras corta-fogo no espaço de ar de fachadas ventiladas, entre outros.

O facto do quadro legal nacional sobre segurança contra incêndio em edifícios se encontrar dispersa por um número excessivo de decretos-lei, decretos regulamentares e portarias, por vezes dificilmente harmonizáveis entre si, colocava, por vezes, em risco a eficácia jurídica das normas contidas em tal legislação.

Perante a pluralidade de textos existentes e, após a criação da ANPC, entidade competente para propor as medidas legislativas e regulamentares consideradas necessárias neste domínio, é publicado o Decreto-Lei n.º 220/2008 [3] que engloba as disposições regulamentares de segurança contra incêndio aplicáveis a todos os edifícios e recintos, distribuídos por 12 utilizações tipo, sendo cada uma delas, por sua vez, estratificada por quatro categorias de risco de incêndio [45].

Assim, e tendo em conta que a actual regulamentação de segurança contra incêndio não contempla medidas para a generalidade desta tipologia de fachada, o objectivo essencial deste capítulo é especificar eventuais exigências de desempenho que devam ser satisfeitas, não estando, actualmente, abrangidas pelo regulamento, com ênfase para os sistemas onde já ocorreram sinistros, mencionados anteriormente.

Com esta finalidade vai ser analisado o Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de Novembro [3], que engloba as disposições regulamentares de segurança contra incêndio aplicáveis a todos os edifícios e recintos, consoante a sua utilização tipo e categorias de risco de incêndio, e a Portaria n.º 1532/2008, de 29 de Dezembro [4]. A portaria, por sua vez, consiste em regulamentação técnica que estabelece as disposições técnicas gerais e específicas de SCIE referentes, por exemplo, a condições exteriores comuns ou condições de comportamento ao fogo, isolamento e protecção, entre outras.

4.2. CONSIDERAÇÕES DA SCIE NA ENVOLVENTE EXTERIOR

Neste subcapítulo irá ser explanada em pormenor a Portaria n.º 1532/2008 [4] de modo a referir as considerações lá feitas, em particular no que diz respeito a fachadas, e que possam ter utilidade na análise, mais à frente neste trabalho, dos casos de sinistro expostos anteriormente.

4.2.1. CONDIÇÕES EXTERIORES DE SEGURANÇA E ACESSIBILIDADE

De acordo com o artigo 3º há que ter em consideração nos critérios de segurança que a *volumetria dos edifícios, a resistência e reacção ao fogo das suas coberturas, paredes exteriores e seus revestimentos, os vãos abertos nas fachadas e a distância de segurança entre eles, ou entre eles e outros vãos abertos de edifícios vizinhos, devem ser estabelecidos de forma a evitar a propagação do incêndio pelo exterior, no próprio edifício, ou entre este e outros edifícios vizinhos ou outros locais de risco.*

O artigo 6º, respeitante à acessibilidade às fachadas, refere que as vias e faixas de acesso devem, para além de permitirem o acesso ao edifício através das saídas de evacuação, facilitar o acesso às fachadas e a entrada directa dos bombeiros através dos pontos de penetração. Por pontos de penetração entendem-se os vãos de portas ou janelas, eventualmente ligados a terraços, varandas, sacadas ou galerias, situados a uma altura não superior a 50 m, à razão mínima de um ponto de penetração por cada 800 m² de área de piso ou fracção e possuam abertura fácil a partir do exterior ou que sejam facilmente destrutíveis pelos bombeiros, explícito no ponto 2.

O ponto 4 do mesmo artigo alude para as exigências construtivas que são impostas para que seja cumprido o que foi dito acima, no caso de fachadas cortina, envidraçadas ou outras:

4- No caso de fachadas tipo cortina, envidraçadas ou outras, que apresentem uma continuidade na vertical e em que, para cumprimento do n.º 2 do presente artigo, sejam abertos vãos para funcionar exclusivamente como pontos de penetração, esses vãos devem possuir sinalização com uma das seguintes características, de forma a permitir a sua identificação pelos bombeiros a partir da via de acesso:

- a) Sinalização óptica de accionamento automático, em caso de incêndio, de todos os vãos acessíveis;*
- b) Sinalização indelével na fachada, junto ao pavimento exterior, do nível de referência, indicando uma prumada cujos vãos sejam todos acessíveis.*

No ponto 5 pode ler-se:

5- Em qualquer caso os pontos de penetração devem permitir atingir os caminhos horizontais de evacuação e as suas dimensões mínimas devem ser de 1,2 × 0,6 m.

Indica-se também, no ponto 6 do mesmo artigo, que os edifícios com altura superior a 9 m devem possuir, no mínimo, uma fachada acessível.

4.2.2. LIMITAÇÕES À PROPAGAÇÃO DO INCÊNDIO PELO EXTERIOR

No aspecto habitual das fachadas de configuração tradicional os compartimentos são dotados de aberturas, nomeadamente na fachada, criando uma via de fuga das chamas e dos gases quentes e, deste modo, um mecanismo de propagação vertical do incêndio. Através da observação de ensaios realizados nesta matéria tem-se conhecimento de que as chamas ao saírem pelas aberturas têm tendência a encurvar, formando um arco e penetrando novamente no edifício através de qualquer abertura existente na fachada, caso a exista. Esta projecção vertical pode atingir dois metros de altura acima do topo da abertura. O RTSCIE tenta, assim, conter essa propagação pelo imposto no artigo 7º, nos pontos 1 e 2.

1- Os troços de elementos de fachada de construção tradicional, compreendidos entre vãos situados em pisos sucessivos da mesma prumada, pertencentes a compartimentos corta-fogo distintos, devem ter uma altura superior a 1,1m.

2 - Se entre esses vãos sobrepostos existirem elementos salientes tais como palas, galerias corridas, varandas ou bacias de sacada, prolongadas mais de 1m para cada um dos lados desses vãos, ou que sejam delimitadas lateralmente por guardas opacas, o valor de 1,1m corresponde à distância entre vãos sobrepostos somada com o balanço desses elementos, desde que estes garantam a classe de resistência ao fogo padrão EI60.

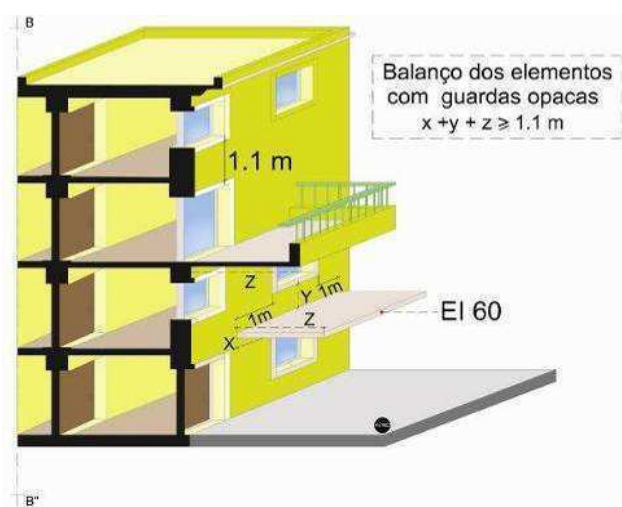


Fig. 4.1 – Interpretação gráfica do ponto 2 do art.º 7º da Portaria 1532/2008, [46].

Relativamente à propagação do fogo a edifícios vizinhos, através de calor radiante e da convecção térmica a distância entre fachadas adjacentes revela-se um factor importante que pode potenciar o risco de propagação ao edifício vizinho.

Assim, o RTSCIE estipula exigências mínimas de resistência ao fogo para elementos construtivos de paredes exteriores consoante a altura do edifício em causa e a distância ao edifício adjacente. Para edifícios, lateralmente confinantes, que se desenvolvam no mesmo plano ou formando entre si um ângulo superior a 135º, o regulamento não faz impor nenhuma regra construtiva para a distância entre

vãos. No entanto, para os casos em que os edifícios formam diedros inferiores a 135° , têm alturas distintas ou em zonas de fachada avançadas ou recuadas, o regulamento faz exigências quanto ao seu modo de construção descrito nos seguintes pontos do artigo 7º:

3 — Nas zonas das fachadas em que existam diedros de abertura inferior a 135° do presente regulamento, deve ser estabelecida de cada lado da aresta do diedro uma faixa vertical, garantindo a classe de resistência ao fogo padrão indicada a seguir, de acordo com a altura do edifício:

- a) Altura não superior a 28 m — EI 30;*
- b) Altura superior a 28 m — EI 60.*

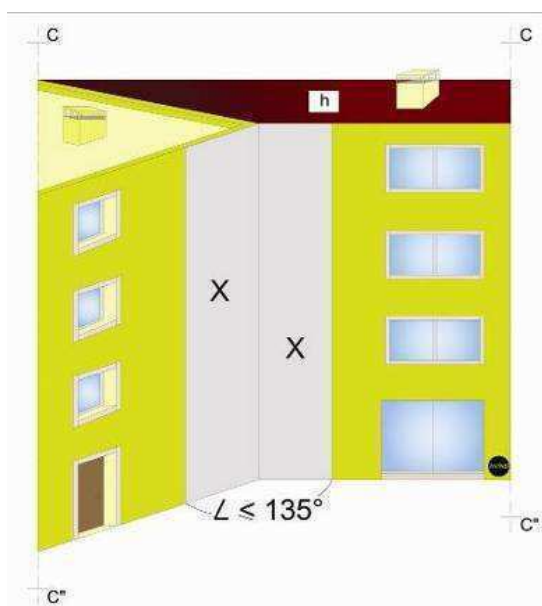


Fig. 4.2 – Interpretação gráfica do ponto 3 do art.º 7º da Portaria 1532/2008, [46].

4 — A largura das faixas referidas no número anterior não deve ser inferior à indicada a seguir, em função do ângulo de abertura do diedro:

- a) Ângulo de abertura não superior a 100° — 1,5 m;*
- b) Ângulo de abertura superior a 100° e não superior a 135° — 1 m.*

6 — No caso de diedros entre corpos do edifício com alturas diferentes, a faixa estabelecida no corpo mais elevado deve ser prolongada por toda a sua altura, com um máximo exigível de 8 m acima da cobertura do corpo mais baixo.

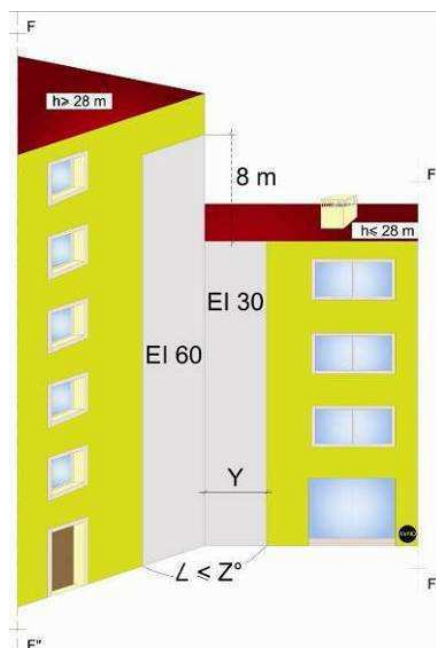


Fig. 4.3 – Interpretação gráfica do ponto 6 do art.º 7º da Portaria 1532/2008, para a situação de edifícios de média e grande altura, [46].

7 — As disposições dos n.ºs 3 a 6 não se aplicam nas zonas de fachadas avançadas ou recuadas, no máximo de 1 m, do seu plano geral, nem nas zonas das fachadas pertencentes ao mesmo compartimento corta-fogo.

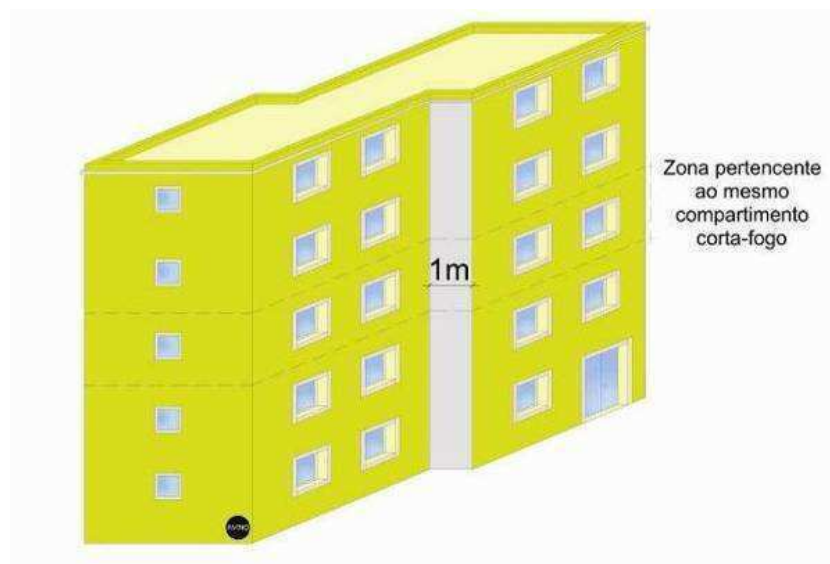


Fig. 4.4 – Interpretação gráfica do ponto 7 do art.º 7º da Portaria 1532/2008, [46].

8 — As paredes exteriores dos edifícios em confronto com outros devem:

- a) Garantir, no mínimo, a classe de resistência ao fogo padrão EI 60 ou REI 60 e os vãos nelas praticados devem ser garantidos por elementos fixos E30, sempre que a distância entre os edifícios, com excepção dos afectos à utilização-tipo XII, for inferior à indicada no quadro II abaixo:

Quadro 4.1 – Reprodução do Quadro II do RTSCIE: Condições de protecção de vãos de fachadas em confronto.

QUADRO II

Condições de protecção de vãos de fachadas em confronto

Altura do edifício	Distância mínima entre as fachadas "L"
$H \leq 9\text{ m}$	$L < 4\text{ m}$
$H > 9\text{ m}$	$L < 8\text{ m}$

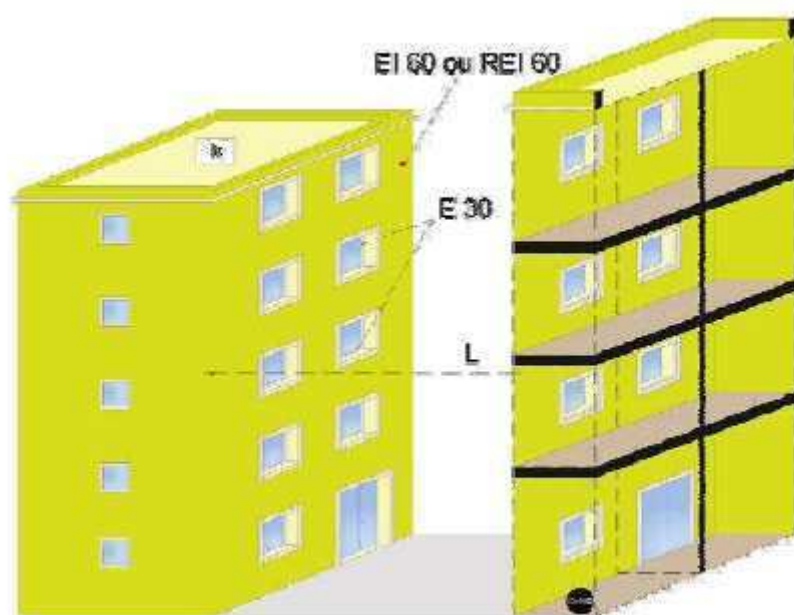


Fig. 4.5 – Interpretação gráfica da alínea a) do ponto 8 do art.º 7º da Portaria 1532/2008, [46].

Este último ponto salvaguarda a propagação do fogo entre edifícios em confronto, em função da distância existente entre eles impondo classes de estabilidade ao fogo dos elementos de garnecimento dos vãos, como ombreiras ou peitoris e das próprias paredes exteriores.

No ponto 9, do artigo 7º do RTSCIE, é feita referência às classes de reacção ao fogo dos revestimentos exteriores aplicados directamente sobre as fachadas, que não é aplicável neste estudo, e dos elementos transparentes das janelas ou de outros vãos, da caixilharia e dos estores ou persianas exteriores, de acordo com a altura do edifício em questão.

Com interesse de análise revela-se o que vem referido no ponto 10, ainda do mesmo artigo, pois menciona as classes de reacção ao fogo de elementos de revestimento exterior criando caixa-de-ar,

aplicável às fachadas ventiladas, especificando a classe para estruturas de suporte do sistema de isolamento e o revestimento da superfície externa, em função da altura do edifício, como reproduzido no quadro abaixo:

Quadro 4.2 – Reprodução do Quadro IV do RTSCIE: Reacção ao fogo de elementos de revestimento exterior criando caixa-de-ar.

QUADRO IV

Reacção ao fogo de elementos de revestimento exterior criando caixa-de-ar

<i>Elemento</i>	<i>Edifícios de pequena altura (< 9m)</i>	<i>Edifícios de média altura [9m – 28m]</i>	<i>Edifícios com altura superior a 28 m</i>
<i>Estrutura de suporte do sistema de isolamento</i>	<i>C-s2 d0</i>	<i>B-s2 d0</i>	<i>A2-s2 d0</i>
<i>Revestimento da superfície externa e das que confinam o espaço de ar ventilado</i>	<i>C-s2 d0</i>	<i>B-s2 d0</i>	<i>A2-s2 d0</i>
<i>Isolante térmico</i>	<i>D-s3 d0</i>	<i>B-s2 d0</i>	<i>A2-s2 d0</i>

4.3. APLICAÇÃO REGULAMENTAR ÀS FACHADAS VENTILADAS

Mostra-se fulcral, antes de proceder à análise do RT-SCIE aplicado às fachadas ventiladas, examinar qual será o enquadramento deste género de fachada uma vez que não existe nenhuma norma de produto exclusiva para este tipo de solução construtiva.

Contudo, e não existindo normalização portuguesa específica sobre fachadas ventiladas, pode utilizar-se como referência a norma de produto já existente para fachadas cortina, NP EN 13830: 2009 [47], dadas as exigências como revestimento da fachada em estudo serem semelhantes ao da fachada cortina. Pelo facto da fachada ventilada ser um conceito menos amplo do que a fachada cortina há, no entanto, que ter em atenção, na análise do seu comportamento, os aspectos diferenciadores entre ambos os sistemas e garantir que na concepção da fachada ventilada esta se irá comportar como tal, nomeadamente no desempenho da caixa-de-ar.

De acordo com a descrição exposta nos pontos 10 e 11 do artigo 7º da Portaria 1532/2008 [4] as fachadas ventiladas, descritas como *elementos de revestimento descontínuos, fixados mecanicamente ao suporte e afastados das fachadas deixando uma caixa-de-ar*, e os *sistemas compósitos para isolamento térmico exterior com revestimento sobre isolante (ETICS)* são consideradas soluções de fachada tradicionais. Ora, contrariamente ao afirmado no regulamento, e como já foi referido nesta dissertação esta solução construtiva é comumente considerada como um tipo de fachada não tradicional por se tratar de uma nova abordagem estética e tecnológica no sistema de fachada que marca a arquitectura moderna.

No entanto o ponto 12 do mesmo artigo expõe que: “*Os sistemas de revestimentos exteriores não tradicionais, distintos dos referidos nos n.ºs 10 e 11, devem ser sujeitos a uma apreciação técnica a efectuar pelo LNEC ou por entidade reconhecida pela ANPC*” acabando este por se contradizer quanto à classe onde se inserem as fachadas com isolamento pelo exterior.

Pelo que foi dito acima, reforça-se a extrema necessidade de uma norma de produto para soluções construtivas de fachada inovadoras, como a fachada ventilada ou ETICS, que são utilizadas actualmente com grande frequência, bem como a adaptação do quadro legal em vigor na classificação e análise detalhada destes diferentes conceitos de fachada.

Quanto à acessibilidade às fachadas, considerada no artigo 6º, há que considerar, ainda que sejam cumpridos os requisitos relativamente aos pontos de penetração, que pode ser posta em causa quando estamos perante materiais combustíveis. Como já foi dito anteriormente este tipo de materiais quando em contacto com o fogo arde muito facilmente podendo pôr em perigo todo o acesso à fachada. Naturalmente esta inacessibilidade irá depender também do número de fachadas acessíveis, da altura do edifício ou da sua implantação relativamente à envolvente. A combustibilidade dos materiais revela-se, neste assunto, de extrema preocupação principalmente em edifícios de pequena altura, por não ser feita qualquer exigência de fachada acessível e onde são admitidos maiores limites da classe de reacção ao fogo.

Examinando, agora, a propagação piso-a-piso, cujas exigências são expostas pelos pontos 1 e 2 do artigo 7º, é importante referir que, ao contrário das fachadas tradicionais, onde este tipo de propagação se dá sobretudo devido às aberturas existentes nos vãos, em fachadas ventiladas a propagação do fogo é impulsionada pela combustão do sistema de revestimento. Constata-se, portanto, que a regulamentação nestes pontos e para o sistema de fachada tradicional não se adequa ao sistema em estudo. Deverá focar-se a atenção para a classe de reacção ao fogo dos materiais empregues no revestimento e isolamento e que irá ser descrito posteriormente.

Acrescenta-se ainda que, relativamente à propagação do incêndio em altura pela fachada, a caixa-de-ar desempenha um papel de grande importância que não vem contemplado no RT-SCIE mas que vale a pena examinar.

As chamas ao serem confinadas por entrarem numa cavidade do sistema de revestimento exterior, como é o caso da caixa-de-ar, vão alongar-se à medida que procuram oxigénio e combustível para suportar o processo de combustão. Dá-se o efeito chaminé, onde os gases quentes inflamáveis que penetram no sistema, devido à sua menor densidade, vão encontrar ar mais frio e mais denso fazendo o ar quente subir na cavidade. Este facto pode originar uma extensão das chamas de cinco a dez vezes o seu tamanho original, independente dos materiais utilizados [1]. Mostra-se essencial a existência de barreiras corta-fogo nestes espaços, sobretudo se estes forem constituídos com elementos fabricados com produtos combustíveis, de modo a combater este fenómeno, ainda que não haja nada especificado na regulamentação.

As imposições regulamentares feitas quanto à propagação entre edifícios adjacentes lateralmente, nos pontos 3 a 6 do artigo 7º, pretendem minorar a hipótese de um fogo que deflagre no interior de um edifício ou compartimento corta-fogo se propague ao edifício ou compartimento corta-fogo adjacente.

No caso da aplicação destas regras prescritas às fachadas ventiladas, a interpretação feita do ponto 7 do artigo 7º onde, para uma extensão máxima de 1,0 m ou para fachadas pertencentes ao mesmo compartimento corta-fogo não há necessidade de cumprimento das disposições legais dos quatro pontos anteriores pelo facto de nestes casos a probabilidade de propagação do incêndio ao edifício adjacente poder ser desprezável.

Começa-se por referir que para edifícios com altura inferior ou igual a 28,0 m, é permitida, pelo regulamento, a utilização de produtos combustíveis nos elementos constituintes da fachada, que irão ser analisadas em pormenor mais a frente. As classes de reacção ao fogo permitidas para os diferentes componentes do sistema de fachada ventilada em edifícios de pequena altura são C-s2 d0 e D-s3 d0,

que podem ter uma contribuição significativa para a propagação do incêndio para os pisos adjacentes e propagação lateral, situação que não é salvaguardada no RT-SCIE. Sucede-se o mesmo para edifícios de média altura, sendo que para estes só é permitida no entanto uma classe de reacção de B-s2 d0, portanto um contributo para o incêndio menor. Assim não se afigura que as imposições regulamentares exigidas na limitação à propagação do incêndio pelo exterior se adequem a edifícios de média e pequena altura, particularmente nos últimos.

Em grande parte das medidas descritas até agora há que dar particular atenção aos edifícios de pequena altura pois são edifícios que apresentam limites de reacção ao fogo próprias e, no plano geral, o regulamento não particulariza as suas imposições a este tipo de edifícios revestidos com fachada ventilada.

Esta preocupação também tem que ser tida em consideração para o exposto no ponto 8 do artigo 7º relativamente à propagação entre edifícios em confronto pois esta exigência de classes de resistência ao fogo é indicada para fachadas revestidas com materiais não combustíveis. Poderão, então, ser aplicadas as medidas indicadas neste ponto em edifícios com fachada ventilada e altura superior a 28,0m devido à incombustibilidade exigida para os seus elementos. No que respeita aos edifícios de pequenas e médias alturas verifica-se que as medidas descritas são insuficientes por não considerarem a incombustibilidade dos materiais.

As classes de reacção ao fogo para os diferentes componentes da fachada ventilada, que têm vindo a ser abordadas neste subcapítulo, são referidas no ponto 10 do Art. 7º. Como primeira análise importa referir que a imposição de classes é feita para cada um dos elementos separadamente e não ao sistema global podendo o sistema ficar condicionado à classe de reacção do elemento que apresente menor classe, dependendo da posição que este detenha na fachada.

Pela observação do Quadro 4.2, representado no subcapítulo anterior, salienta-se a divisão que é feita dos elementos que compõem a fachada ventilada. É referida a estrutura de suporte do sistema de isolamento como elemento que deverá cumprir a limitação de classe de reacção ao fogo consoante a altura do edifício. No entanto, no caso do sistema de fachada ventilada será mais correcto, neste ponto, exigir uma classe de reacção ao fogo da estrutura de suporte do revestimento uma vez que a fixação do isolamento é feita com recurso a colagem ou através de fixações mecânicas adequadas não demonstrando este tipo de suportes consequências graves quando expostas ao fogo no conjunto da fachada. Por sua vez, a estrutura de suporte necessária para o sistema de revestimento já justifica uma limitação da classe de reacção ao fogo por ser o ponto de ligação entre o revestimento e o isolamento. Se algum destes dois elementos for combustível a estrutura de suporte do revestimento pode ajudar à ignição do outro constituinte do sistema quer por acção directa das chamas quer por condução de calor. Assim é imprescindível uma estrutura de suporte do revestimento incombustível e que quando aliada à colocação de barreiras corta-fogo, pode criar uma eficaz minimização do risco da propagação de incêndio.

Por tudo o que foi exposto neste subcapítulo mostra-se ser essencial a criação de norma de produto para esta solução construtiva bem como a revisão do RT-SCIE no que diz respeito a fachadas não tradicionais para uma melhor adequação deste aos produtos inovadores utilizados e sistemas de propagação presentes em fachadas com sistema de isolamento pelo exterior.

5.

CONSEQUÊNCIAS CONSTRUTIVAS DA NOVA REGULAMENTAÇÃO DE SCIE NO ESTUDO DE UM SISTEMA DE FACHADA VENTILADA

5.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo pretende-se entender os riscos de incêndio acrescidos no uso de soluções com fachadas não convencionais para uma melhor compreensão da necessidade do ajuste das actuais exigências regulamentares de segurança contra incêndio em edifícios.

O incêndio pode definir-se como uma combustão caracterizada pelo aparecimento e propagação da chama e consequente libertação de calor, bem como emissão de gases e fumos. Para que ocorra esta reacção química de combustão há que combinar um comburente, nomeadamente o oxigénio, com um combustível e uma energia de activação, que consiste numa fonte de calor com energia suficiente a fornecer ao combustível, para provocar o rápido aumento do seu nível térmico até ao ponto em que entra em combustão.

O incêndio localizado apenas evolui para um incêndio de maiores proporções se existirem condições favoráveis para que isso ocorra, ou seja, o crescimento do fogo vai ser condicionado pela quantidade de combustível disponível e pela quantidade de oxigénio necessária para a combustão.

À medida que os combustíveis se vão decompondo verifica-se uma crescente libertação de gases e propagação do calor que origina, por sua vez, o aquecimento dos materiais que estejam na proximidade do foco de incêndio resultando numa progressão do ciclo de combustão. A transmissão de calor no decorrer do incêndio pode ser estabelecida por condução, entre os elementos construtivos ou materiais que não sofreram ainda combustão, por convecção dos gases quentes, através das correntes de massas de ar quente que ascendem e ocupam o lugar de massas de ar mais densas e a temperaturas inferiores, e por radiação das chamas e dos fumos, que vão aquecendo as superfícies que se encontram nas imediações.

No seguimento da análise feita acerca do comportamento ao fogo de fachadas ventiladas, inserido por sua vez no âmbito do Regulamento de Segurança contra Incêndios em Edifícios, irá ser de seguida estudado um sistema específico deste tipo de fachada onde se verificaram situações de incêndio mais correntes, de acordo com os casos apresentados no Capítulo 3.

5.2. MECANISMOS DE PROPAGAÇÃO

Do ponto de vista da segurança contra incêndio as fachadas devem ser constituídas por materiais incombustíveis. Assim acontece na construção tradicional, nomeadamente nas paredes de alvenaria ou de betão, onde os riscos de deflagração ou rápida propagação de incêndio são reduzidos. Contudo e, como já foi referido anteriormente, os sistemas de fachada não tradicionais, como é o caso de fachada com isolamento pelo exterior, nem sempre cumprem esta exigência devido ao uso, nestes sistemas, de materiais e compósitos que possam, por um lado ter vantagens mais significativas, em termos de optimização energética, por exemplo, mas por outro descurem este requisito regulamentar. Assim, o projectista ainda que, de acordo com o artigo 14º do Decreto-Lei 220/2008 [3], possa desenvolver soluções que não cumpram totalmente com o regulamento, deve condicionar a sua liberdade de escolha à segurança das soluções preconizadas.

A ignição de um incêndio no exterior de um edifício pode dever-se à projecção das chamas pelas janelas ou à radiação com origem em fachadas adjacentes ou frontais. Apesar destes mecanismos de ignição serem os mesmos tanto para fachadas tradicionais como para não-tradicionais o desenvolvimento do incêndio afigura-se de forma distinta dependendo da combustibilidade, ou não, dos produtos constituintes da fachada.

Já foi anteriormente referido que, independentemente do tipo de ignição, a propagação da chama entre pisos verifica-se, predominantemente, no sentido vertical ascendente e a eclosão de novos focos do incêndio nos pisos superiores depende da configuração da chama que se projecta do vão inferior e da quantidade de calor libertada. Este mecanismo de propagação da chama pelo exterior, em fachadas ventiladas, é favorecido pelo efeito de chaminé no interior da caixa-de-ar por onde se dá também a propagação. As chamas ao serem confinadas por entrarem na cavidade do sistema, vão alongar-se à medida que procuram oxigénio e combustível para dar continuidade ao processo de combustão permitindo que o fogo se propague ocultamente por trás do revestimento exterior caso não sejam instaladas barreiras corta-fogo. A facilidade, ou não, de propagação da chama dependerá, então, da combustibilidade do isolamento térmico e do revestimento exterior e da existência de barreiras corta-fogo na caixa-de-ar do sistema.

Uma vez que as chamas entram em contacto com os elementos construtivos da fachada o seu desenvolvimento e propagação irão ser determinados pelo poder calorífico dos materiais usados na solução construtiva e pelo seu comportamento face ao fogo, especialmente pela sua classe de reacção. Assim, é nesta etapa de desenvolvimento do incêndio que o comportamento ao fogo do sistema de revestimento exterior toma uma maior importância nomeadamente no caso de barreiras ao fogo que possam existir.

Na propagação superficial, as características de reacção ao fogo dos materiais utilizados vão influenciar directamente a propagação pela superfície do sistema. Regra geral, nas fachadas tradicionais não se verifica a propagação nem abaixo do piso nem pela fachada lateral de onde se verifica o foco de incêndio. Mas no caso dos produtos empregues no sistema de revestimento pelo exterior apresentarem facilidade de reacção ao fogo a ignição destes pode-se dar mais facilmente, quer por acção directa das chamas, quer por condução de calor, permitindo uma propagação em todos os sentidos e através dos diferentes substratos do sistema.

Se, tal como acima referido, nas fachadas ventiladas os produtos de revestimento exterior e/ou de isolamento térmico forem combustíveis a facilidade de ignição devido à radiação poderá igualmente assumir uma importância crítica. É preciso atender que a radiação emitida durante a combustão deste tipo de produtos tem também uma elevada probabilidade de ser maior do que a emitida por uma chama emergente de uma fachada tradicional e o desprendimento de elementos inflamados de revestimento

ou de isolamento térmico podem ter dimensões consideráveis constituindo um outro factor de ignição de novos focos de incêndio.

Esta particularidade no desempenho das fachadas ventiladas apresenta igualmente uma elevada probabilidade de propagação do incêndio a edifícios fronteiros quando comparadas com fachadas convencionais, mesmo que estas se encontrem revestidas por uma pintura combustível.

A projecção da chama através da janela, cuja configuração inicial em nada difere daquela que se verifica em fachadas convencionais, terá, contudo, uma maior ou menor influência na propagação do incêndio dependendo do material utilizado nos elementos que guarnecem o vão. As características de reacção ao fogo dos vãos e dos estores exteriores são factores que contribuem igualmente para a propagação entre pisos.

Nas soluções tradicionais os acabamentos do vão das janelas são, habitualmente, em elementos pétreos ou mais raramente em reboco pintado e onde, geralmente, os materiais não são combustíveis.

No que respeita às fachadas ventiladas os acabamentos dos vãos são feitos com o mesmo material utilizado na fachada e, caso o material possua características combustíveis, a chama proveniente da janela irá propagar-se mais rapidamente a toda a fachada. Pelo exposto, a existência de palas ou a imposição de distâncias mínimas entre vãos não constitui uma medida de prevenção suficiente relativamente à propagação do incêndio.

5.3. ESTUDO DE UM SISTEMA

Com vista a melhor compreender o desempenho de um sistema de fachada ventilada e dos seus componentes em situação de incêndio irão ser agora examinados os sistemas dos casos práticos reais, expostos no Capítulo 3. Na verdade, existem registos de incêndios onde tenha ocorrido uma extensa propagação vertical das chamas em paredes exteriores envolvendo fachadas ventiladas com revestimentos combustíveis ao contrário das soluções com fachadas tradicionais. Isto pode-se dever ao facto de, na generalidade dos casos, não ser facilmente diferenciável qual a efectiva contribuição da parede no desenvolvimento do sinistro.

A interpretação destes casos e dos sistemas que irão aqui ser referidos poderão ser essenciais para ilustrar os riscos inerentes em soluções de carácter não tradicional e nos quais as características dos sistemas de revestimento exterior contribuíram para a propagação do incêndio.

5.3.1. DESCRIÇÃO DO SISTEMA

Conforme se pode constatar, através das imagens, a solução de fachada ventilada identificada no sinistro em V.N. Gaia consiste no revestimento exterior em painéis de alumínio com núcleo de plástico assentes num sistema oculto de fixação metálico e montado sobre isolamento térmico composto por poliuretano projectado, com grande utilização em Portugal. No caso de Lisboa verifica-se, igualmente, a utilização de revestimento em alumínio composto. No entanto, neste caso e após dois acidentes envolvendo a fachada, o isolamento foi corrigido para painéis de lã de rocha, apresentando melhores características de comportamento ao fogo. Nestes projectos a solução de junta escolhida é um sistema de ventilação com junta aberta sendo, desta forma, o fluxo de ar dentro da caixa-de-ar mais consistente e benéfico.

5.3.2. FICHA TÉCNICA

5.3.2.1. Revestimento

O revestimento exterior em painéis de alumínio composto destaca-se pela leveza dos seus painéis, facilidade de instalação e possibilidade de adopção de grandes módulos. Neste caso trata-se de um sistema de encaixe que garante facilidade de execução, devido a um processo rápido de instalação dos painéis nas fachadas. O revestimento da fachada ventilada com painel em alumínio composto é uma solução construtiva que tem ganho importância na arquitectura contemporânea, quer pelas suas características técnicas quer pela sua linguagem estética, com aplicações que conseguem simultaneamente funcionalidade, durabilidade e estética, garantindo uma arquitectura inovadora e de qualidade.

A classe de reacção ao fogo deste tipo de painéis varia conforme a marca destes mas, de uma forma geral, situam-se entre as classes A2-s1 d0 e B-s1 d0.

5.3.2.2. Sistema de fixação do revestimento

A fixação do painel é feita com recurso a uma estrutura portante em alumínio, conjugado com um sistema de fixação oculta vertical, através de pernos reguláveis das calhas portadoras aos entales laterais das bandejas dos painéis. O perfil de alumínio vertical utilizado confere à estrutura uma óptima resistência às cargas e facilita a montagem/desmontagem de uma peça sem danificar toda a fachada, permitindo fazer alguma eventual manutenção da estrutura do edifício com a reposição da peça original.



Fig. 5.1 – Fachada após incêndio, Abril 2008.

No entanto, tal como pode ser observado nas figuras 5.1, 5.2 e 5.3, após o incêndio em V. N. Gaia esta estrutura sofreu consideráveis danos denotando-se uma perda de resistência e deformação acentuada, estando em alguns casos fragmentada. Esta perda de integridade do sistema levou ao destacamento dos painéis de revestimento e exposição total do isolamento térmico do sistema. Estas questões de estabilidade ao fogo da estrutura de fixação das placas do revestimento mostram-se de extrema importância na medida em que constituem um factor de segurança no acesso ao interior dos pisos

através dos vãos de fachada ou relativamente ao seu posicionamento com edifícios próximos, em situação de incêndio.

De um modo geral, no que respeita à classificação da reacção ao fogo deste sistema de suporte, as soluções utilizadas no mercado nacional recorrem, como é o caso, a soluções em alumínio sendo a execução de ensaios pela EN 13501-1 [34] dispensada, descuidando de certa forma a prevenção ao fogo a ser considerada nestes elementos.

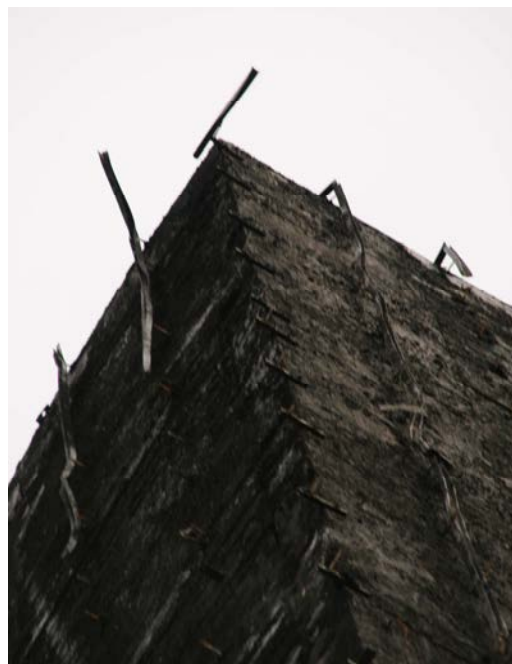


Fig. 5.2 – Pormenor de fachada após incêndio, Abril 2008.



Fig. 5.3 – Pormenor de fachada após incêndio, Abril 2008.

5.3.2.3. Isolamento térmico

A projecção da espuma rígida de poliuretano apesar de possuir a vantagem de ser um isolamento com aplicação contínua tratando eficazmente o problema das pontes térmicas, tem o inconveniente de ser um material com reacção ao fogo considerada inflamável, classe mínima de E.

Na análise das figuras 5.1 a 5.4 verifica-se uma degradação acentuada do isolamento térmico, algo que seria difícil de evitar quando se usam materiais combustíveis, como é o caso. Após a perda da integridade das fixações e consequente destacamento dos painéis de revestimento, o isolamento térmico ficou directamente exposto às chamas. Esta propagação foi acentuada, também pelo facto de não existirem barreiras corta-fogo no sistema deixando assim as chamas propagarem-se mais rapidamente pela fachada.

As placas de lã de rocha são, muitas das vezes, aconselhadas pelos organismos de certificação para a utilização como isolamento exterior das paredes. São, todavia, desaconselhadas na utilização em sistemas com isolamento pelo exterior e revestimento descontínuo dado o seu comportamento menos satisfatório à água e mecânico. Contudo, o seu comportamento ao fogo é bem mais satisfatório do que o isolamento térmico anterior pelo facto de ser um material incombustível. Ainda que seja uma característica favorável neste material quando em contacto directo com as chamas irá acabar por amolecer e eventualmente entrar em combustão, querendo com isto dizer que não é suficiente por si só utilizar um isolamento incombustível quando os restantes componentes do sistema irão colapsar em caso de incêndio. Este factor poderá retardar a propagação das chamas mas não será o suficiente para combater essa propagação.



Fig. 5.4 – Isolamento térmico após incêndio, Abril 2008.

5.3.3. REACÇÃO AO FOGO DO SISTEMA

A classificação de reacção ao fogo não deverá ser apenas efectuada para o revestimento mas sim para a totalidade do sistema, visto que, neste tipo de sistemas, o eventual isolamento térmico, a estrutura de fixação do revestimento ao suporte e o próprio revestimento também se encontram sujeitos a esse risco através das juntas do revestimento e da caixa-de-ar existente.

De um modo geral é aconselhável utilizar isolamento incombustível na solução bem como uma estrutura de fixação do revestimento e o próprio revestimento que possuam boa reacção ao fogo.

Atendendo a que todo o sistema se encontra interligado pelos seus componentes a classe de reacção ao fogo da solução deverá ser equivalente à classe mais desfavorável atribuída a qualquer dos elementos constituintes do sistema.

Assim sendo, se se seguir este ponto de vista, pode-se concluir que no sistema que está a ser analisado a classe de reacção ao fogo equivale a E uma vez que se está perante um isolamento com uma reacção ao fogo aceitável.

5.3.3. REGRAS DE BOA PRÁTICA CONSTRUTIVA

Se, por um lado, os sistemas de fachada ventilada surgem como uma excelente solução para a optimização energética dos edifícios, por outro, podem potenciar riscos associados à ocorrência e propagação de um incêndio.

No sentido de fazer uma apreciação técnica do sistema de fachada ventilada, mencionado anteriormente, foi organizado um conjunto de princípios que ambicionam poder ser uma base de regras de boa prática construtiva dos produtos e sistemas actualmente utilizados. No entanto as eventuais transformações que aqui possam ser referidas têm como finalidade complementar a informação técnica já existente através da implementação de exigências adicionais na aplicação dos sistemas, de forma a reduzir os riscos de incêndio não contemplados pelo Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndios em Edifícios.

Do ponto de vista do comportamento ao fogo a concepção deste tipo de fachadas deve ter em conta exigências, tais como:

- Os sistemas de fixação e revestimento empregues devem ser suficientemente robustos de modo a suportarem a exposição térmica e os movimentos e distorções daí derivados não perdendo resistência;
- O acabamento exterior do sistema não deve contribuir para a propagação do incêndio;

Uma primeira ponderação a ter na concepção deste tipo de fachada é a escolha cuidada dos vários componentes do sistema de modo a impedir que se apliquem em simultâneo materiais facilmente inflamáveis no revestimento e isolamento térmico ou sistemas de fixação do revestimento com fraca resistência ao fogo.

A distância entre fachadas adjacentes poderá ser também um factor influente na escolha dos materiais que revestem o edifício, pois pode potenciar o risco de propagação ao edifício vizinho, no caso de se estar perante características combustíveis ou facilmente inflamáveis. Contudo, este tipo de propagação depende não só da natureza dos revestimentos de fachada e da probabilidade de ignição por radiação desta como também da distância entre as fachadas em confronto e da respectiva carga de incêndio.

A aplicação de barreiras corta-fogo para redução dos riscos de incêndio acarretados por esta solução construtiva mostra-se como ponto fulcral neste assunto. Este tipo de barreiras deve ter a particularidade de conseguir assegurar, durante as condições normais de uso da fachada, a ventilação da caixa-de-ar mas garantir que em caso de incêndio a chama não se propague tão rapidamente.

A nível nacional não é corrente a utilização de soluções de barreiras corta-fogo a instalar nas caixas-de-ar, quer na horizontal, quer na vertical.

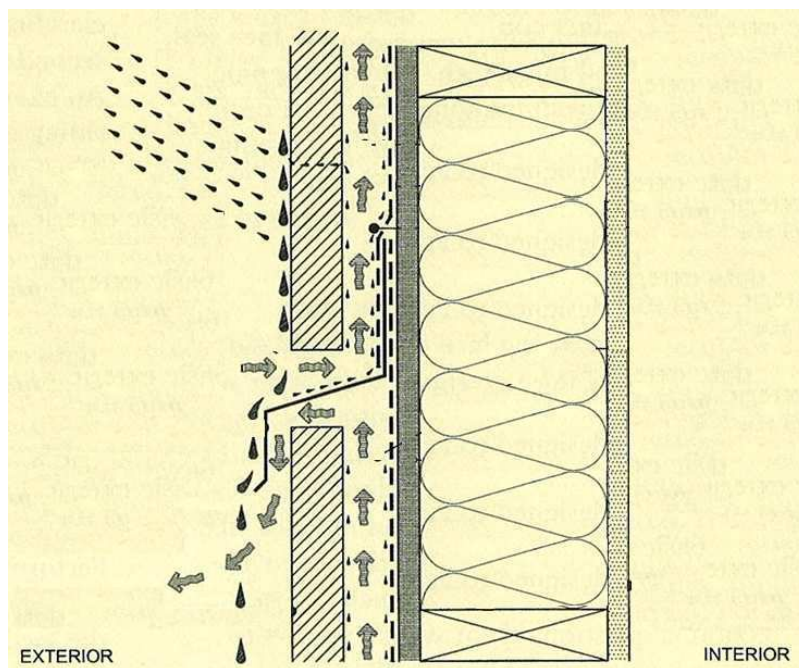


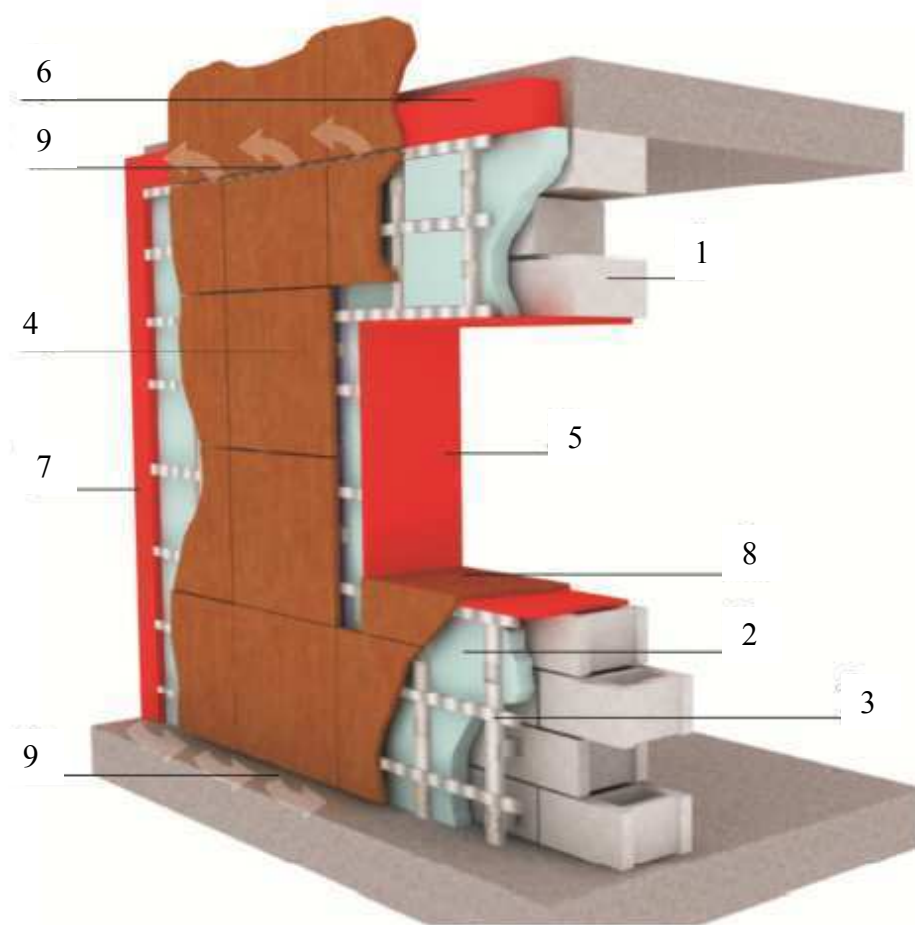
Fig. 5.5 – Pormenor de montagem de chapa corta-fogo na caixa-de-ar, [48].

O estabelecimento deste tipo de barreiras estará naturalmente dependente da natureza do sistema em causa pelo que não se pode generalizar em termos de especificações. As barreiras corta-fogo devem ser aplicadas em áreas vulneráveis, como é o caso de janelas, para impedir a exposição dos elementos do sistema ainda não expostos ao incêndio e avanço das chamas a outras partes da fachada.

Podem ser empregues soluções simples como as executadas com chapa quinada, similar às soluções aplicadas para drenagem da água da chuva, que implica, necessariamente, que fique visível uma pequena parte da chapa ao nível das aberturas, como se pode observar na Figura 5.5.

Esteticamente esta solução pode representar um inconveniente quando o autor do projecto de arquitectura pretenda uma fachada minimalista.

Outra solução passa pela utilização de barreiras à base de lã mineral ou em aço verticais, entre pisos ou no cerramento de vãos. Na Figura 5.6 mostra-se uma configuração genérica deste tipo de barreiras para um sistema de fachada ventilada.



- 1 – Elemento de suporte
- 2 – Isolamento térmico
- 3 – Estrutura de suporte do revestimento
- 4 – Revestimento exterior
- 5 – Barreira corta-fogo, cerramento de vãos
- 6 – Barreira corta-fogo, entre pisos
- 7 – Barreira corta-fogo vertical
- 8 – Remate de vão de abertura
- 9 – Abertura para ventilação

Fig. 5.6 – Pormenor de barreiras corta-fogo em sistema de fachada ventilada, [1].

Actualmente, e ainda que não haja uma prática corrente da aplicação destes sistemas a nível nacional, existe uma infinidade de soluções para este género de barreiras corta-fogo no mercado internacional.

Já foi anteriormente exposto que a caixa-de-ar existente nas fachadas ventiladas funciona, em condições normais, como uma chaminé que ventila e dissipa a humidade do sistema mas que, em situação de incêndio pode criar um caminho aberto para a propagação do fogo. De modo a adequar este requisito essencial do sistema de fachada ventilada, que se prende com a função da caixa-de-ar, contra a propagação das chamas é desenvolvida uma solução de barreiras corta-fogo que pode ser aplicada tanto vertical como horizontalmente, Figura 5.7.

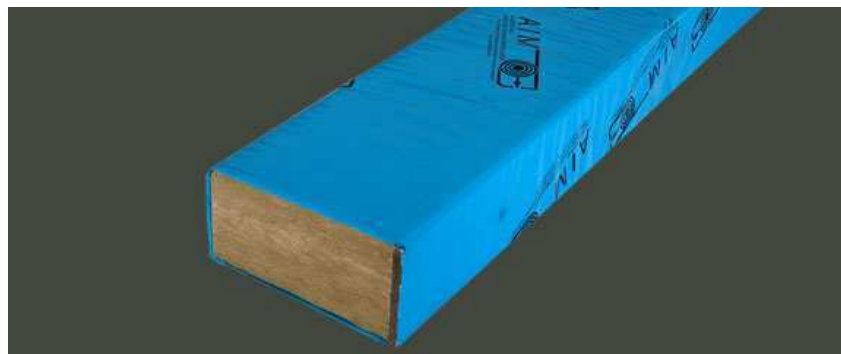


Fig. 5.7 – Barreira corta-fogo à base de lã mineral revestida com polietileno, [49].

Outro sistema consiste num núcleo à base de lã de rocha mineral incombustível e rígido reforçado com folha de alumínio. O material do núcleo é intumescente e expande rapidamente em caso de incêndio, de modo a vedar a cavidade para impedir a propagação das chamas no espaço de ar ventilado, como mostram as Figuras 5.8 e 5.9. Este produto é habitualmente fixado através de suportes metálicos em aço galvanizado que devem ser mecanicamente presos à parede de suporte com fixações incombustíveis (Figuras 5.10 e 5.11). É importante assegurar que a barreira fica plenamente em contacto com a parede podendo as pequenas imperfeições ser preenchidas com mástique adequado.



Fig. 5.8 – Barreira corta-fogo - antes e após exposição ao fogo, [50].

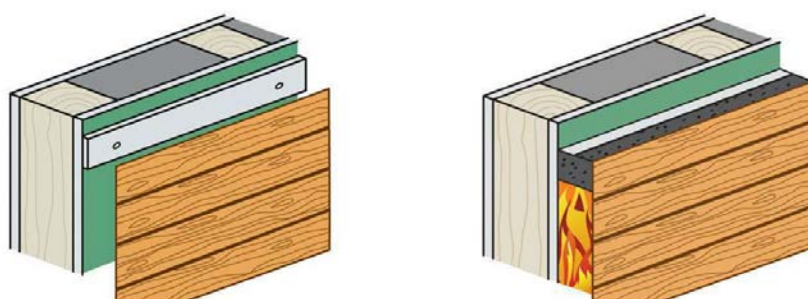


Fig. 5.9 – Expansão da barreira corta-fogo quando em contacto com as chamas, [50].

Embora o núcleo seja um material repelente à água e não higroscópico, a folha de alumínio que o envolve proporciona-lhe uma protecção adicional relativamente às condições ambientais. Ao mesmo tempo proporciona espaço suficiente para uma fácil instalação dos painéis de revestimento e garante, igualmente, excelentes condições de ventilação e drenagem por detrás do sistema de revestimento. Este sistema de barreiras corta-fogo pode deixar um espaço contínuo de ar livre até 44mm, de forma a manter a caixa-de-ar ventilada e permite uma solução eficaz de integridade e isolamento ao fogo de 30/60/90/120 minutos dependendo da largura das cavidades cuja área livre pode ter entre 25 a 50mm, incluindo a espessura da barreira corta-fogo. É adequado para a maioria dos tipos de construção em fachada ventilada e é de fácil aplicação.

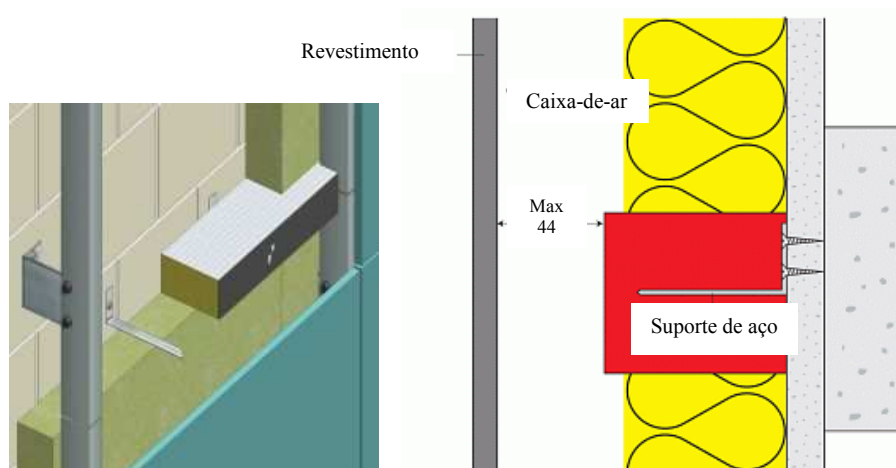


Fig. 5.10 – Sistemas de fixação das barreiras corta-fogo com parafusos incombustíveis fixos à parede estrutural, [51].

As diferentes soluções devem ser escolhidas de acordo com a solução da fachada em causa pois apresentam condicionalismos no que respeita à espessura da caixa-de-ar e tempo de resistência ao fogo diferentes de solução para solução.

Tem interesse também denotar que ainda que o RT-SCIE estipule exigências de classe de reacção ao fogo para os elementos constituintes destes sistemas verifica-se comumente que a realidade construtiva nem sempre respeita esse conjunto de requisitos. Tome-se, como exemplo, o caso usual de fachada ventilada em que é usado, como isolamento térmico, PUR. Na verdade trata-se de um material com inúmeras vantagens de aplicação como a correcção das pontes térmicas, por ser aplicado por projecção e apresentar continuidade, ou o excelente comportamento térmico, com valores de coeficiente de transmissão térmica baixos. Apesar de economicamente mais viável do que a lã de rocha, devido aos custos de aplicação, este material dificilmente obtém uma classe de reacção ao fogo superior a E enquanto a referida lã de rocha é incombustível. Denote-se que a exigência feita pelo regulamento neste aspecto acentua-se com a altura do edifício pelo que, se num edifício de pequena altura já é impraticável a aplicação de um isolamento deste tipo, em edifícios de média e elevada altura será ainda mais preocupante. Assim deveria haver um maior cuidado no uso de materiais combustíveis na fachada em função da altura e, principalmente, no isolamento, onde não deveriam ser usados materiais combustíveis, na medida em que, inevitavelmente, vai ocorrer a exposição ao fogo deste elemento pela da caixa-de-ar, tendo em atenção igualmente a espessura deste não sendo, no entanto, este aspecto contemplado no RT-SCIE.



Fig. 5.11 – Suporte de fixação e secção transversal de uma barreira corta-fogo, [52].

Em suma, no sentido de garantir a atenuação dos riscos de rápida propagação das chamas em situação de incêndio, a selecção dos materiais a utilizar na elaboração destes sistemas deve ser feita com rigor devendo haver uma harmonia entre os vários constituintes do sistema, bem como devem ser introduzidas barreiras corta-fogo entre os pisos e nos vãos das aberturas que, somados ao cumprimento das exigências regulamentares de reacção ao fogo, irão assegurar segurança contra incêndios em fachadas ventiladas.

5.4. CONCLUSÕES E EVENTUAIS EXTRAPOLAÇÕES PARA OS OUTROS SISTEMAS

A análise desenvolvida tem como intuito compreender qual a influência dos diversos componentes do sistema de fachada ventilada em situação de incêndio.

Destacam-se os seguintes aspectos a ter em conta em trabalhos futuros relacionados com soluções de fachada ventilada:

- Definição e elaboração de informação técnica mais exigente. A informação fornecida é normalmente relativa apenas a uma parte do sistema e nem sempre faz referência à sua relação com os restantes componentes da fachada. É cada vez mais importante ter em atenção a certificação ou normalização dos produtos e elementos do sistema de modo a assegurar boas condições de desempenho destes materiais.

- Necessidade de exigências construtivas para a instalação de barreiras corta-fogo que compartimentem a caixa-de-ar e criem barreiras efectivas à propagação das chamas. Mostra-se fundamental a caracterização deste tipo de solução de prevenção: examinar quais as soluções mais adequadas para cada caso e a sua forma de aplicação. Há que ter em atenção igualmente o remate dos vãos envidraçados;
- Considerando que os sistemas de fixação do revestimento ou mesmo materiais considerados inovadores não estão devidamente regulamentados por normas nacionais que especifiquem as exigências desse material é essencial, sobretudo no caso dos sistemas de fixação aplicados em fachadas ventiladas, garantir que estes apresentam um comportamento totalmente satisfatório no que diz respeito à reacção ao fogo.

Espera-se, assim, contribuir para um melhor conhecimento das características ao fogo do sistema e minimizar a questão de a informação técnica disponível certificada nem sempre ser suficiente.

As sugestões elaboradas nesta dissertação pressupõem uma análise mais detalhada de modo a ser possível, posteriormente, um aperfeiçoamento tanto dos sistemas existentes de fachada ventilada como da segurança contra incêndios em sistemas de fachada não convencionais.

6.

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível afirmar que as fachadas ventiladas marcam uma nova evolução no processo de produção de fachadas em edifícios. São, na verdade, soluções que têm tido uma procura crescente, quer em construção nova, quer na reabilitação de edifícios, dado apresentarem menos patologias a nível de humidade quando comparadas com sistemas tradicionais. Permitem igualmente uma eficaz optimização energética do edifício devido às suas características de atenuação dos ganhos ou perdas de energia pela envolvente do edifício.

A fachada ventilada apresenta-se como uma solução construtiva que está a ganhar posição no mercado nacional prevendo-se que, com o desenvolvimento do mercado de reabilitação do edificado existente, venha a ser cada vez mais adoptada.

Na elaboração do projecto é indispensável ter em consideração factores como a localização e a implantação do edifício, a sua exposição aos agentes climáticos tais como chuvas e ventos dominantes, a interacção do edifício com o edificado circundante para uma melhor avaliação da adequabilidade ao sistema a escolher. Há que ter em atenção as características e o comportamento dos materiais a utilizar nos diversos componentes do sistema como no revestimento exterior, no isolamento térmico, no sistema de fixação dos painéis à parede de suporte bem como o tipo de juntas entre os painéis de revestimento, a espessura da caixa-de-ar e do isolamento, de modo a fazer a escolha mais apropriada a cada situação.

Contudo, no seguimento da ocorrência de incêndios em edifícios, verifica-se que as condições de propagação pelo exterior das chamas em edifícios com fachadas ventiladas constituem uma preocupação que merece consideração.

No decorrer da presente dissertação foi possível entender que, em caso de incêndio, a contribuição dos materiais constituintes da fachada é um factor fundamental no desenvolvimento e propagação do incêndio.

Note-se que em relação ao isolamento térmico, em fachadas ventiladas, a aplicação de poliuretano projectado é cada vez mais frequente, embora não cumpra os requisitos da classe de reacção ao fogo definidos regulamentarmente. O regulamento impõe uma classe de reacção ao fogo para este tipo de materiais em fachadas não convencionais superior a D em edifícios de pequena altura. Ora o poliuretano projectado apresenta uma classificação de E na reacção ao fogo. É certo que se trata de um material com excelentes características térmicas, economicamente viável e com resultados bastante satisfatórios em termos de continuidade do sistema de isolamento que se consegue obter pela aplicação em projecção. Esta solução é de facto preferível ao nível da correcção das pontes térmicas. No entanto este material de isolamento na perspectiva da segurança contra incêndio quando aplicado na caixa-de-

ar de uma fachada ventilada cria um risco de propagação do fogo a todo o sistema extremamente elevado. Este material arde com muita rapidez e conduz a um risco acrescido de colapso do sistema. Neste campo a lã de rocha apresenta muito melhor desempenho do que o anterior isolamento por ser incombustível sendo porém a sua aplicação ligeiramente mais complexa.

Uma outra constatação deste trabalho diz respeito às características resistentes da estrutura de suporte dos painéis de revestimento a qual não está obrigada a possuir uma classe de resistência compatível com o tipo de edifício em que está montada. Essa imposição deveria todavia constar no RT-SCIE por se mostrar fundamental para a integridade do sistema em situação de incêndio e também para assegurar o alcance dos bombeiros à fachada no combate ao fogo à semelhança da prescrição existente para os dispositivos de fixação e suporte de tectos falsos.

Outro aspecto averiguado remete ao facto de, em sistemas de fachada ventilada, não ser possível impedir que as chamas e gases quentes derivados da combustão atinjam o isolamento térmico uma vez que penetram com relativa facilidade na caixa-de-ar do sistema.

Com base no exposto relativa à análise dos casos de ocorrência de incêndio em edifícios, foi elaborado, nesta dissertação, um conjunto de recomendações relativas às disposições construtivas que se consideram fundamentais para alcançar um comportamento ao fogo mais satisfatório de sistemas de fachada ventilada. Repare-se que, em Portugal, as exigências impostas pela regulamentação existente estão particularmente vocacionadas para a classe de reacção ao fogo dos materiais utilizados. A actual regulamentação nacional limita a utilização a produtos não combustíveis, com classe de reacção ao fogo A2-s2 d0, nos edifícios com alturas superiores a 28,0m e limita à classe B-s2 d0 os produtos a empregar nos edifícios cuja altura é superior a 9,0 mas inferior a 28,0m. No entanto, e como pode ser demonstrado nos casos de estudo analisados, este é um dos aspectos que nem sempre é cumprido mas que se deve ter em atenção para uma correcta concepção deste tipo de soluções no âmbito da segurança contra incêndio.

A conclusão principal do estudo realizado revela uma forte necessidade de serem desenvolvidos estudos sobre barreiras corta-fogo a instalar nas caixas-de-ar, bem como outros sistemas que permitam eventualmente limitar a propagação da chama no interior da caixa-de-ar e minimizar o fluxo de calor, emitido por radiação, para edifícios adjacentes. Diminuindo desta forma a contribuição efectiva destas soluções nos riscos que advêm de se utilizarem produtos combustíveis no sistema de fachadas ventiladas.

Reconheceu-se, igualmente, que a caracterização isolada do comportamento ao fogo dos produtos empregues na construção de uma fachada ventilada não é suficiente para qualificar o comportamento do sistema de fachada na sua globalidade. Ou seja, a estrutura de fixação do revestimento exterior ao suporte, o isolamento térmico e o revestimento exterior, devem no seu todo, como sistema, ser sujeitos à classificação europeia de acordo com a norma EN 13501-1, [34].

Uma constatação final admite a necessidade de se reformular o RT-SCIE nos artigos relativos à avaliação de reacção ao fogo de sistemas de fachada não convencionais e referidos no Capítulo 4. No entanto, o projectista deverá promover o desenvolvimento de estudos e ensaios perante os fabricantes de modo a poderem vir dar resposta às questões levantadas nesta dissertação o que permitirá qualificar convenientemente o sistema proposto e assegurar a sua eficaz segurança em caso de ocorrência de incêndio.

A redução dos riscos inerentes a estas fachadas pode passar pela associação de uma ou mais disposições construtivas, nomeadamente pela utilização de materiais de isolamento não combustíveis, pela introdução de barreiras corta-fogo entre pisos e em vãos de aberturas, com particular atenção nas

zonas de remate, e finalmente na escolha adequada de todo o conjunto de elementos que forma o sistema. Assim o isolamento térmico, a estrutura de fixação e o revestimento exterior deverão ser escolhidos em função da potencial exposição dos materiais ao fogo, de modo a atenuar a rápida propagação do incêndio e o potencial colapso do sistema.

Sucintamente, a aplicação dos princípios referidos associados ao cumprimento das exigências regulamentares, face ao quadro legal nacional em vigor, podem reduzir os riscos da potencial contribuição destas soluções construtivas em eventual situação de incêndio.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Martins, José Augusto Stoffel Maia Tito. *Análise comportamental do fogo em sistemas de fachada com isolamento pelo exterior*. Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa, 2009.
- [2] Lei n.º 60/2007, Diário da República, 1.ª série — N.º 170 — 4 de Setembro de 2007, pág. 6258 a 6309.
- [3] Decreto-lei 220/2008, Diário da República, 1.ª série — N.º 220 — 12 de Novembro de 2008, pág. 7903 a 7922.
- [4] Portaria 1532/2008, Diário da República, 1.ª série — N.º 250 — 29 de Dezembro de 2008, pág. 9050 a 9127.
- [5] Despacho n.º 2074/2009, Diário da República, 2.ª série — N.º 10 — 15 de Janeiro de 2009, pág. 2050 a 2059.
- [6] Portaria 64/2009, Diário da República, 1.ª série — N.º 15 — 22 de Janeiro de 2009, pág. 477 a 480.
- [7] Decreto-Lei n.º 80/2006, Diário da República, 1.ª série A — N.º 67 — 4 de Abril de 2006, pág. 2468 a 2513.
- [8] Decreto-Lei n.º 78/2006, Diário da República, 1.ª série A — N.º 67 — 4 de Abril de 2006, pág. 2411 a 2415.
- [9] Freitas, Vasco Peixoto. *Seleccção exigencial de painéis prefabricados em betão da Prêgaia para a aplicação em fachadas*. Relatório HT171/01, Porto, 2002.
- [10] Sousa, Fernando Manuel Fernandes de. *Fachadas Ventiladas em Edifícios – Tipificação de soluções e interpretação do funcionamento conjunto suporte/acabamento*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Construções, Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2010.
- [11] Bobadilla, Eduardo et al. *Fachadas ventiladas y aplacados. Requisitos constructivos y estanqueidad – Manual Básico*. Consejería de Obras Públicas, Vivienda y Transporte de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, Espanha, 2007.
- [12] Camposinhos, Rui. *Estanquidade em fachadas*, Sebenta de Métodos e Técnicas de Construção – ISEP, Porto, 2004.
- [13] Siqueira Júnior, Amaury Antunes de, Medeiros, Jonas Silvestre. *Tecnologia de fachada: cortina com placas de grês porcelanato*. Dissertação de Mestrado EPUSP, São Paulo – Brasil, 2003.
- [14] Cunha, Márcio Manuel Ferreira da. *Desenvolvimento de um sistema construtivo para fachadas ventiladas*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2006
- [15] <http://www.revistatechne.com.br>. 13/06/2011.
- [16]] <http://vial.bg>. 13/06/2011.
- [17] www.cociga.pt. 13/06/2011.
- [18] <http://www.caap.net>. 13/06/2011.
- [19] <http://www.ulmapolimero.com>. 10/3/10.

- [20] <http://www.aecweb.com.br>. 13/06/2011.
- [21] http://www.schueco.com/web/pt/architekten/fassaden/products/fassaden/aluminium/fassadenmodul_prosol_tf/8817870. 28/05/2011.
- [22] <http://www.solteecture.com/solar-construction/solar-facades.html>. 28/05/2011.
- [23] Decreto-Lei n.º 40/90, Diário da República, 1.ª série — N.º 31 — 6 de Fevereiro de 1990, pág. 490 a 504.
- [24] <http://www.rccte.com/>. 25/04/2011.
- [25] Costa, E.C. da; *Física aplicada à construção: conforto térmico*. Edgard Blucher, São Paulo, 1974.
- [26] http://www.pavimagos.com/poliuretano_vantagens.html. 24/04/2011.
- [27] <http://www.pombalinjecta.com/produtos.htm>. 24/04/2011.
- [28] <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/isolantes-termicos/la-de-rocha.php>. 24/04/2011.
- [29] *Dossier técnico-económico, Fachada Ventilada*. Outubro, 2006.
- [30] Directiva 89/106/CEE do Conselho de 21 de Dezembro de 1988. Jornal Oficial das Comunidades Europeias N.º L 40 de 11.02.1989, pp. 12-26.
- [31] Dutra, Miguel Resende. *Caracterização de Revestimentos em Fachadas Ventiladas. Análise do Comportamento*. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa. Março, 2010.
- [32] <http://pt.wikipedia.org/wiki/Fogo>. 12/06/2011
- [33] Costa, E. C.. *Física aplicada à construção. Conforto térmico*, Edgard Blucher, 1991
- [34] NP EN 13501-1, *Classificação do desempenho face ao fogo de produtos e de elementos de construção – Parte 1: Classificação utilizando resultados de ensaios de reacção ao fogo*, IPQ, 2007.
- [35] NP EN 13501-2, *Classificação do desempenho face ao fogo de produtos e de elementos de construção – Parte 2: Classificação utilizando resultados de ensaios de resistência ao fogo*, 2007.
- [36] <http://www.lnec.pt/qpe/marcacao>. 07/05/2011.
- [37] <http://ww1.rtp.pt/noticias/?article=171990&headline=20&visual=9>. 14/05/2011.
- [38] <http://www.bombeiros-portugal.net/about6340.html>. 14/05/2011.
- [39] <http://www.destak.pt/artigo/69157>. 14/05/2011.
- [40] http://www.publico.pt/Local/incendio-extinto-em-edificio-no-parque-das-nacoes_1445498. 14/05/2011.
- [41] <http://lisboasos.blogspot.com/2010/01/incendio-na-expo.html>. 14/05/2011.
- [42] <http://habinova.blogspot.com/2010/03/incendio-danifica-hotel-de-25-milhoes.html>. 14/05/2011.
- [43] <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?p=53427023>. 14/05/2011.
- [44] <http://www.cmjornal.xl.pt/noticia.aspx?channelid=00000021-0000-0000-0000-000000000021&contentid=2AEA1C5D-8467-4404-B744-5C9577F9CB41&h=6>. 14/05/2011.

- [45] http://www.prociv.pt/Legislacao/Documents/Compilacao_Legislativa_SCIE_www.pdf. 11/06/2011
- [46] Guerra, Isabel Maria da Silva, *Comportamento ao fogo das fachadas ventiladas*, Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Setembro, 2010
- [47] NP EN 13830:2009, *Fachadas-cortina – Norma de produto*. IPQ, Março de 2009.
- [48] <http://www.cwc.ca/DesignWithWood/Durability>. 13/06/2011.
- [49] <http://www.aimlimited.co.uk/fire-barriers-overview.asp>. 28/05/2011.
- [50] <http://www.tenmatusa.com/pdf/VentilatedFireBarrier.pdf>. 28/05/2011.
- [51] <http://www.siderise.co.uk>. 28/05/2011.
- [52] <http://www.cfpltd.co.uk/ventilated-fire-barriers-1.html>. 28/05/2011

