

Técnicas construtivas para a proteção de casas aos fogos florestais

Teresa Cabrita Tenreiro

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Civil

Orientador: Professor Doutor Fernando António Baptista Branco

Júri

Presidente: Professora Doutora Maria Cristina De Oliveira Matos Silva

Orientador: Professor Doutor Fernando António Baptista Branco

Vogal: Doutor Mário Rui Tiago Arruda

Abril de 2019

Declaração

Declaro que o presente documento é um trabalho original da minha autoria e que cumpre todos os requisitos do Código de Conduta e Boas Práticas da Universidade de Lisboa.

Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço ao meu orientador, Professor Doutor Fernando Branco, pela sua disponibilidade, visão sempre otimista, contribuição e incentivo nos momentos mais complicados da realização deste trabalho, fatores sem os quais a sua conclusão não teria sido possível.

Agradeço às Câmaras Municipais dos seguintes concelhos: Sertã, Oleiros, Arganil, Penela, Pampilhosa da Serra, Mira, Figueiró dos Vinhos, Pedrógão Grande, Seia, Vale de Cambra, Monção e Vouzela. A disponibilidade e informações de cada um destes concelhos foi indispensável para a realização desta dissertação.

Agradeço também ao Comandante Carlos Pires do Corpo de Bombeiros Voluntários Velhos de Aveiro, pela sua pronta disponibilidade e recursos partilhados.

Agradeço às empresas que contribuíram para o desenvolvimento desta dissertação, tais como, Isover Saint-Gobain, FTB – Fábrica da Barca, Gosimat e Onduline. Um agradecimento especial ao Eng.º Carlos Reis, responsável de prescrição da Isover, pela sua impecável prontidão, apoio, esclarecimento de dúvidas e acessibilidade. Agradeço também ao Eng.º Bernardo Braga, do departamento técnico e comercial da FTB, pelos recursos disponibilizados e todo o apoio prestado.

Agradeço aos meus amigos do coração (Curtidos), que já o são há muitos anos, por todo o apoio, pela constante boa disposição e por me encorajarem nos momentos de maior desânimo.

Agradeço aos meus amigos do Técnico (Trolhas), que me aturaram durante tantos anos e acompanharam nesta fase que foi a melhor da minha vida. Um agradecimento especial ao Rachide, por me fazer rir todos os dias com a sua contagiante alegria, e à Íris pelos conselhos ao longo deste trabalho.

Por último, segue o meu agradecimento mais importante para a minha família, em especial aos meus pais, Luís e Margarida, irmã Catarina e ao futuro cunhado Tiago, por toda a paciência, apoio incansável e incentivo, não só durante a execução deste trabalho, mas também ao longo dos últimos anos. Agradeço em especial ao Cedric, que acompanhou de forma mais próxima a realização deste trabalho, pela força, entusiasmo e encorajamento todos os dias.

Resumo

Em Portugal, principalmente nos últimos anos, os incêndios têm manifestado um elevado impacto nas áreas florestais essencialmente devido às alterações climáticas, à forte combustibilidade das árvores, etc. Os incêndios causam anomalias ou a destruição total de habitações, por ação do vento e pela excessiva proximidade dos espaços urbanos. A proteção não só dos seus residentes, mas também das próprias estruturas, é um desafio que carece de investigação mais aprofundada.

Na presente dissertação pretende-se analisar as características gerais das casas que foram afetadas pelos grandes incêndios de 2017 (Pedrógão Grande e 15 de Outubro), bem como as causas de ignição, a fim de propor soluções focadas na resistência dos materiais, que consistam na prevenção de futuras ocorrências. Sendo espaços rurais onde as casas são maioritariamente construídas com materiais antigos, compreende-se que as suas capacidades são muito limitadas. Com este estudo é possível implementar novas técnicas de construção com o principal intuito de proteger as casas já existentes que se insiram nas zonas de elevado risco de incêndio florestal do país. Neste sentido, serão propostas soluções para a cobertura e vãos, por serem os elementos mais afetados.

A construção de raiz também é tema desta problemática por compreender materiais e técnicas mais recentes que estabelecem a preservação das estruturas por mais tempo. Neste tópico são estudadas técnicas construtivas para as paredes exteriores, cobertura e vãos, zonas de fronteira entre o exterior e o interior. Por fim, é analisada a situação de aldeias isoladas rodeadas de vegetação, para proteger os habitantes.

Palavras-chave: Incêndios florestais, Técnicas construtivas, Prevenção de incêndios, Proteção de casas, Aldeias isoladas.

Abstract

In Portugal, particularly in recent years, fires have had a major impact on forest areas, mainly due to climate change and the high combustibility of trees. Fires in these zones cause severe lasting damage or even the destruction of dwellings, due to wind effects, the excessive proximity to urban areas, etc. The protection not only of the residents but also of the building structures poses a challenge that needs to be investigated in a sustainable manner.

The aim of this thesis is to analyse the general characteristics of the buildings affected by the fires of 2017 (Pedrógão Grande and October 15) and the causes of ignition, in order to propose solutions (material resistance), to prevent future incidents. Since the houses in the affected rural regions are usually built with old materials, it stands to reason that their fire protection capacities are severely limited. For this reason, this study presents possibilities to use new construction techniques to protect existing houses located in highly endangered wildland fire areas. In this thesis, solutions are proposed to protect the roof and openings.

Furthermore, the focus is on new-build construction using state-of-the-art materials and methods to maintain the overall structure of the building for a longer time during an ongoing fire. Exterior walls, roofs and openings are the elements that serve as a link between exterior and interior, so their construction techniques must be examined in the overall context. Finally, the situation of isolated villages surrounded by vegetation is also investigated to protect the habitants.

Key-words: Wildland fires, Construction methods, Fire prevention, Protection of houses, Isolated villages.

Índice

Declaração	i
Agradecimentos	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Índice	ix
Índice de Figuras.....	x
Índice de Tabelas	xii
Índice de Siglas e Abreviaturas	xii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivos	1
1.2. Organização da Tese	2
2. ESTADO DE ARTE.....	5
2.1. Incêndios florestais	6
2.1.1. Considerações iniciais.....	6
2.1.2. Entidades relevantes na proteção de florestas contra incêndios	7
2.1.3. Risco de incêndio	8
2.1.4. A interface urbano-florestal (IUF)	9
2.1.5. Gestão de combustíveis.....	11
2.2. Incêndios em edifícios.....	11
2.2.1. Resistência ao fogo.....	12
2.2.2. Reação ao fogo.....	13
2.2.3. Comportamento ao fogo dos produtos da construção	14
2.3.4.1 Pedra e tijolo	15
2.3.4.2 Madeira.....	15
2.3.4.3 Betão armado.....	17
2.3.4.4 Estruturas metálicas.....	20
2.3. Conclusões.....	20
3. ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS DE CASAS AFETADAS PELOS FOGOS FLORESTAIS	21
3.1. Objetivos e hipóteses.....	21
3.2. Enquadramento geral e estudo sobre os Incêndios em Portugal do ano 2017	22
3.2.1. Incêndios de Pedrógão Grande	23
3.2.2. Incêndios de 15 de Outubro	27
3.3. Questionários.....	28
3.4. Entrevista com Bombeiros de Aveiro - Velhos.....	33
3.5. Conclusões.....	34
4. MEDIDAS DE PROTEÇÃO PASSIVA CONTRA INCÊNDIOS FLORESTAIS	37
4.1. Proteção de casas existentes	37
4.1.1. Cobertura.....	39
4.1.1.1. Classificação da cobertura	39
4.1.1.2. Diagnóstico	40
4.1.1.3. Exigências normativas	40

4.1.1.4.	Técnicas construtivas.....	41
	Solução nº1 – Cobertura constituída por placas de gesso laminado separadas por perfis e lâ mineral no interior	41
	Solução nº2 – Painel sandwich em lâ de rocha	47
4.1.1.5.	Outras intervenções.....	51
4.1.2.	Vãos.....	52
4.1.2.1.	Composição e tipologia.....	52
4.1.2.2.	Diagnóstico	53
4.1.2.3.	Exigências normativas	53
4.1.2.4.	Técnicas de proteção	54
	Estores exteriores e portadas.....	54
	Portas corta-fogo	56
4.2.	Conceção de casas novas com proteção	58
4.2.1.	Paredes exteriores.....	58
4.2.1.1.	Exigências normativas	60
4.2.1.2.	Características dos materiais constituintes	61
4.2.1.3.	Técnicas construtivas.....	63
	Solução Weber	63
4.2.2.	Cobertura.....	64
4.2.2.1.	Cobertura inclinada	64
4.2.2.2.	Cobertura em terraço.....	66
4.2.3.	Vãos.....	69
4.3.	Proteção de aldeias isoladas	70
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	73
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
7.	ANEXOS	83
	ANEXO 7.1. – Folheto ICNF	85
	ANEXO 7.2. – Estrutura dos questionários	87
	ANEXO 7.2.1. – Resposta da Câmara de Arganil.....	89
	ANEXO 7.2.2. – Resposta da Câmara de Figueiró dos Vinhos.....	90
	ANEXO 7.2.3. – Resposta da Câmara de Mira	91
	ANEXO 7.2.4. – Resposta da Câmara de Monção.....	92
	ANEXO 7.2.5. – Resposta da Câmara de Oleiros	93
	ANEXO 7.2.6. – Resposta da Câmara de Pampilhosa da Serra	94
	ANEXO 7.2.7. – Resposta da Câmara de Penela	95
	ANEXO 7.2.8. – Resposta da Câmara de Pedrógão Grande.....	96
	ANEXO 7.2.9. – Resposta da Câmara de Seia.....	97
	ANEXO 7.2.10. – Resposta da Câmara da Sertã.....	98
	ANEXO 7.2.11. – Resposta da Câmara de Vale de Cambra.....	99
	ANEXO 7.2.12. – Resposta da Câmara de Vouzela.....	100

Índice de Figuras

Figura 1 – Triângulo do fogo. Adaptado de Extingue incêndios	5
--	---

Figura 2 – Fases de um incêndio. Adaptado de Oliveira, 2014.....	6
Figura 3 – À esquerda: Áreas ardidadas entre 1996 e 2006 (Ferreira-Leite et al., 2012). À direita: Área ardidada em 2017 (ICNF, 2017).....	7
Figura 4 – Zonas de ignição de uma casa. Extraído de Cohen, 2008.....	9
Figura 5 – Sequência das fases de um incêndio na IUF. Adaptado de Cohen, 2008.....	10
Figura 6 – Exemplo de uma casa que ardeu pelo efeito da propagação das fagulhas no incêndio de Angora, Califórnia. Extraído de Gollner et al., 2015.	11
Figura 7 – Curva padrão da temperatura de incêndio de um elemento da construção (ISO 834-1, 2014) ..	13
Figura 8 – Euroclasses dos produtos combustíveis.....	13
Figura 9 – Estrutura tradicional de uma cobertura em madeira. Adaptado de Paulo et al., 2001.....	16
Figura 10 – Viga de madeira carbonizada. Extraído de Anastácio, 2010.....	17
Figura 11 – Efeito de temperaturas elevadas no betão. Extraído de Appleton, 2012.....	19
Figura 12 – Gráfico com as áreas ardidadas em mil hectares entre 1996 e 2017 (dados provisórios do ICNF, janeiro 2018). Adaptado de Guerreiro et al.....	22
Figura 13 – Fotografia aérea, extraída de um drone, ilustra os danos do incêndio. Adaptado de RTP Notícias.....	23
Figura 14 – Impacto do incêndio na população. Extraído de Jornal de Negócios, 2018.....	23
Figura 15 – Exemplo de uma casa que resistiu ao incêndio. Extraído de Viegas et al., 2017.....	24
Figura 16 – Gráfico com a percentagem de estruturas danificadas em função do tipo de ignição. Adaptado de Viegas et al., 2017.....	24
Figura 17 - Gráfico com a percentagem de estruturas danificadas em função do local de ignição. Adaptado de Viegas et al., 2017.....	25
Figura 18 – À esquerda: casa em chamas durante o incêndio. Adaptado de Jornal Expresso, 2017; à direita: interior de uma casa de alvenaria após a passagem do fogo extraído de Sábado, 2017.....	25
Figura 19 – Impacto parcial das estruturas, áreas florestais e vítimas nos concelhos mais afetados. Extraído de Viegas et al., 2017.....	26
Figura 20 – Casas muito afetadas pelos incêndios no concelho de Oleiros. Adaptado de SIC Notícias.....	28
Figura 21 – Distritos inquiridos.....	28
Figura 22 – Respostas dos inquiridos sobre a existência de casas totalmente ardidadas construídas em estrutura de betão.....	29
Figura 23 – Comparação de casas que arderam totalmente com estruturas de betão e de alvenaria.....	30
Figura 24 – Aldeia Álvaro em Oleiros. Adaptado de SIC Notícias.....	31
Figura 25 – Ignição do incêndio na estrutura.....	31
Figura 26 – Respostas dos inquiridos sobre a existência de árvores num raio de 20m à volta de casas afetadas.....	32
Figura 27 – Respostas dos inquiridos sobre a opinião relativamente à propagação de fagulhas.....	33
Figura 28 – Corte da casa tipo.....	38
Figura 29 – Planta da casa tipo do R/C (à esquerda) e 1º andar (à direita).....	38
Figura 30 – Direções longitudinal e transversal adotadas na cobertura.....	39
Figura 31 – Classificação da resistência ao fogo para pavimentos e coberturas.....	41
Figura 32 – Corte transversal da cobertura (solução nº1). Desenho sem escala.....	42
Figura 33 – Dimensões da placa PPF em mm. Extraído do catálogo da empresa.....	43
Figura 34 – Corte longitudinal das placas com lâ de rocha no interior e à direita o pormenor da junta. Desenho sem escala.....	44
Figura 35 – Largura da estrutura metálica (em mm). Extraído do catálogo da empresa.....	44
Figura 36 – Membrana resistente ao fogo Effisus FR. Extraído de Effisus.....	47
Figura 37 – Painel Sandwich. Extraído do catálogo da empresa.....	48
Figura 38 – Corte transversal da cobertura (solução nº2). Desenho sem escala.....	48
Figura 39 – Pormenor das juntas entre painéis sandwich na direção longitudinal. Extraído do catálogo da empresa.....	49
Figura 40 – Pormenor da zona de cumeeira. Extraído do catálogo da empresa.....	49
Figura 41 – Pormenor do remate lateral. Adaptado do catálogo da empresa.....	50
Figura 42 – Ventilação de cobertura. Extraído de Brito, 2014.....	51
Figura 43 – Composição do vão (à esquerda), janela de batente (ao centro) e porta de batente (à direita). Extraído de Santos, 2012.....	52
Figura 44 – Reação ao fogo de revestimentos exteriores sobre fachadas, caixilharias e estores.....	53
Figura 45 – Resistência ao fogo de portas e portadas corta-fogo e respetivos dispositivos de fecho.....	53
Figura 46 – Corte das ripas de um estore de alumínio com poliuretano no interior (à esquerda) e espuma de poliuretano corta-fogo (à direita). Extraído de Persax e Den Braven.....	55

Figura 47 – Porta de segurança POWER. Extraído de GSDOORS, 2017.....	56
Figura 48 – Porta corta-fogo com acabamento lacado a branco. Extraído de GSDOORS, 2017.....	57
Figura 49 – Espessura do isolamento de acordo com a zona climática. Extraído de Adene, 2016.	61
Figura 50 – Tijolos furados 30x20x11. Extraído de Correia et al., 2003.....	62
Figura 51 – Representação da primeira fiada de uma parede dupla. Adaptado de Correia et al., 2003.....	62
Figura 52 – Componentes da parede com isolamento pelo exterior (Solução Weber). Adaptado de Weber, 2018.....	63
Figura 53 – Corte na direção longitudinal da cobertura inclinada. Desenho sem escala.	65
Figura 54 – Corte na direção longitudinal da cobertura em terraço. Desenho sem escala.....	66
<i>Figura 55 – Sequência do procedimento do sistema de comando proposto.....</i>	<i>68</i>
Figura 56 – Esquema do primeiro passo do sistema de comando.....	68

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Classes de risco de incêndio. Adaptado de IPMA.....	8
Tabela 2 – Ensaios de reação ao fogo. Adaptado de Coelho, 2016 e Les Essentiels de l’Habitat N.º 6, 2016	14
Tabela 3 – Valores mínimos de espessura de paredes de alvenaria de tijolo cerâmico para resistência ao fogo. Adaptado de Eurocódigo 6.	15
Tabela 4 – Vantagens e inconvenientes da utilização da madeira na construção (Brito, 2004).....	16
Tabela 5 – Vantagens e inconvenientes do betão armado (Brito et al., 2005).....	18
Tabela 6 – Número de ocorrências diárias. Adaptado de Guerreiro et al., 2018.....	27
Tabela 7 – Concelhos inquiridos.....	29
Tabela 8 – Número de casas totalmente ardidas nos diferentes concelhos.....	30
Tabela 9 - Espessura da lã mineral ARENA.....	45
Tabela 10 – Características da membrana Transpir EVO 90.....	46
Tabela 11 – Características da lã de rocha ROCTERM.....	50
Tabela 12 – Temperatura de ignição do Alumínio e PVC. Adaptado de Santos, 2012.....	54
Tabela 13 – Vantagens e inconvenientes de paredes de blocos de betão. Adaptado de Flores et al.....	59
Tabela 14 – Resistência ao fogo de paredes de tijolos furados. Extraído de LNEC, 1990.	61
Tabela 15 – Espessura da lã de vidro Sain-Gobain Isover. Adaptado de Weber, 2018.	64
Tabela 16 – Vantagens e inconvenientes de lajes com vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas. Adaptado de Machado et al.	65
Tabela 17 – Vantagens e inconvenientes da caixilharia de alumínio. Adaptado de Brito, 2005.	70

Índice de Siglas e Abreviaturas

GIF – Grande Incêndio Florestal
SDFCI – Sistema de Defesa da Floresta Contra Incêndios
ICNF – Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas
PNDFCI – Plano Nacional de Defesa da Floresta Contra Incêndios
PMDFCI – Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios
ANPC – Autoridade Nacional de Proteção Civil
FWI – Fire Weather Index
IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera
IUF – Interface Urbano-Florestal
RJ-SCIE – Regime Jurídico da Segurança Contra Incêndios
EN – European Norms (Norma Europeia)
LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil
RCCTE – Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios

1. INTRODUÇÃO

O risco de incêndio florestal em Portugal é bastante elevado, situação que se tem vindo a verificar ao longo dos últimos anos não só devido às alterações climáticas, mas também à própria constituição da floresta - pinheiro-bravo e eucalipto - elementos fácil e rapidamente combustíveis. A floresta é um património que contribui para o desenvolvimento sustentável, cuja área em Portugal corresponde a dois terços do território. Ainda assim, tem-se verificado uma fraca rentabilidade e competitividade no que diz respeito à sua preservação. No ano de 2017 surgiram dois dos maiores incêndios registados na história de Portugal – Incêndios de Pedrógão Grande e os Incêndios de 15 de Outubro - que atingiram cerca de 45.328ha (Viegas *et al.*, 2017) e 241.000ha (Guerreiro *et al.*, 2018) de área total (incluindo zonas urbanas), respetivamente. Estes dois incêndios tiveram um impacto bastante significativo não apenas nas áreas florestais, mas também nas comunidades, o que faz com que os seus efeitos compreendam um objeto de estudo no meio desenvolvido.

O problema dos incêndios florestais com incidência nas zonas urbanas é denominado de *incêndios na interface urbano-florestal*. Estes tipos de incêndios diferem dos incêndios em edifícios pois o local de ignição no primeiro é no exterior, enquanto que no segundo ocorre no interior. Jack Cohen, técnico florestal, é um dos principais especialistas neste tópico. Este autor defende que os incêndios em estruturas estão relacionados com as suas próprias características e com a implantação de uma faixa livre de vegetação na sua envolvente.

O estudo desenvolvido nesta dissertação foca-se nos incêndios cuja ignição acontece no exterior das estruturas, com destruição parcial ou total das mesmas. Depois dos incêndios acima mencionados, houve uma preocupação mais acentuada em evacuar os residentes e combater as chamas (ICNF, 2017), sem ter em atenção a salvaguarda dos bens imóveis e o auxílio que as técnicas construtivas e materiais resistentes ao fogo poderiam trazer.

Esta problemática levantou-se nas várias Câmaras Municipais do país no sentido de procurar descrever as características principais das habitações, tendo em consideração que a maior parte das casas afetadas eram muito antigas, construídas com materiais pouco utilizados atualmente. Ainda assim observou-se que a maioria das casas ardidas foram reconstruídas com características semelhantes às originais, não se procedendo a novas soluções após os acidentes ocorridos.

1.1. Objetivos

Os incêndios referidos anteriormente tiveram um grande impacto na população, não só ao nível das suas habitações como também da sua sobrevivência. Segundo as conclusões do estudo sobre os Incêndios de Pedrógão Grande (Viegas *et al.*, 2017), verificou-se que o número de vítimas teria sido

mais reduzido se as pessoas tivessem permanecido em casa, visto que a passagem do fogo não afetou a área confinante a estas habitações. Assim, é necessário criar medidas de prevenção e proteção de modo a garantir a segurança dos habitantes/residentes protegendo necessariamente as estruturas dos fogos provenientes do exterior. Nesta dissertação serão tratadas as condições das estruturas face ao fogo, sendo em primeiro lugar estudadas as características das casas afetadas. Para tal é essencial reunir as informações necessárias para avançar com o estudo, como por exemplo, em que local da estrutura se iniciou a ignição na maior parte das casas ardidas. Com os resultados obtidos torna-se fundamental criar dados estatísticos para a melhor compreensão das respostas das Câmaras.

Um dos principais objetivos desta dissertação é o controlo do desenvolvimento dos incêndios florestais ao entrarem em contacto com estruturas de modo a reduzir as suas consequências, ou seja, dificultar a propagação do fumo e gases de combustão e chamas para o interior de habitações. Ao invés do que acontece nos incêndios em edifícios, em que é essencial a evacuação, neste estudo é importante garantir resistência ao fogo e a segurança dos residentes no interior de uma estrutura durante, pelo menos, uma hora (tempo médio de passagem do fogo). Assim, terão de ser implementadas medidas e técnicas construtivas que assegurem a segurança dos ocupantes.

Depois de avaliar as características mais comuns das casas ardidas parcial ou totalmente, esta dissertação tem como finalidade apresentar soluções e técnicas construtivas de modo a proteger as casas já existentes usando materiais incombustíveis ou muito próximo de incombustibilidade, como por exemplo a lã de rocha. Sendo impraticável proteger a totalidade das estruturas, pelo facto de existirem sempre pontos vulneráveis, o intuito deste trabalho prende-se na conceção de soluções aplicadas nestes locais no sentido de criar casas “antifogo”.

É também objeto de estudo a construção de novas estruturas deste tipo, sendo utilizados materiais mais recentes, como por exemplo o betão armado. Este material teve origem no século XX e consiste num dos mais importantes sistemas do mundo. No caso de construção de raiz poderão ser implementadas medidas que não estão previstas em reabilitação de casas já existentes, devido à maior flexibilidade de construção.

Por fim, é relevante analisar o caso de aldeias isoladas e rodeadas de vegetação, onde a probabilidade de ficarem cercadas por um incêndio florestal é muito elevada. Nestes casos, é necessário aplicar soluções que promovam a segurança da população em primeiro lugar.

1.2. Organização da Tese

A presente dissertação encontra-se dividida em três partes fundamentais: duas de recolha de informação e uma em que são recomendadas técnicas construtivas.

O Capítulo 1 serve de introdução ao tópico, onde é descrito o enquadramento geral da problemática em estudo, bem como os objetivos do trabalho e a organização da dissertação. O Capítulo 2 refere-se ao enquadramento teórico já existente relativamente aos incêndios florestais e em edifícios, com especial foco no comportamento dos materiais face ao fogo. Este capítulo serve de fundamento para o estudo em questão, combinado com o conhecimento dos autores referenciados. No Capítulo 3 são estudadas as características das casas afetadas pelos fogos florestais, com o auxílio de relatórios dos dois grandes incêndios de 2017, inquéritos destinados às Câmaras Municipais dos concelhos afetados e uma entrevista com o Comandante dos Bombeiros de Aveiro - Velhos.

A segunda parte deste trabalho, Capítulo 3, consiste em atingir os objetivos definidos, ou seja, em implementar medidas de proteção passiva das estruturas contra os incêndios florestais. Este capítulo está dividido de modo a aplicar providências de proteção de casas já existentes, medidas para a construção de raiz e novos planos para as aldeias isoladas. No primeiro tópico serão apenas abordadas técnicas de proteção de coberturas e vãos, enquanto que no segundo, para além destas, também serão analisadas soluções para as paredes exteriores. As aldeias isoladas necessitam igualmente de intervenção, pelo que foram estudadas hipóteses de proteção das mesmas.

Por fim, são apresentadas as considerações finais no Capítulo 5, onde são descritas as principais conclusões deste trabalho no que diz respeito às técnicas de construção expostas e recomendações para investigação e projetos futuros de acordo com o presente trabalho.

2. ESTADO DE ARTE

O fogo é uma reação química exotérmica, isto é, que liberta calor. Os requisitos necessários para se dar a combustão de um determinado material baseiam-se na ação em simultâneo do comburente (oxigénio acima de 13%), do combustível e da energia de ativação - triângulo do fogo ilustrado na Figura 1 (Cohen, 2000).



Figura 1 – Triângulo do fogo. Adaptado de *Extingue incêndios*.

A transmissão de calor consiste na propagação de energia de um corpo quente para um corpo mais frio. Existem três formas básicas de transmissão de calor, podendo suceder em simultâneo ou não:

- **Condução:** contacto entre dois corpos sólidos, conduzindo o calor entre ambos;
- **Convecção:** troca de calor entre partes em movimento de um fluido (líquido ou gasoso), ou entre este e elementos sólidos a temperaturas diferentes;
- **Radiação:** Transmissão de calor entre corpos por emissão ou absorção de radiações eletromagnéticas, não sendo necessário a existência de um meio material. Um corpo sólido pode estar próximo de um fogo, aquecendo-o até se iniciar a combustão.

A curva de evolução de um incêndio, seja florestal ou no interior de um edifício, é habitualmente definida pela Figura 2. Esta curva relaciona a temperatura com o tempo decorrido desde o início do incêndio. A temperatura de ignição define-se como a temperatura mínima para o qual um determinado material inicia o processo de combustão. Existem três fases (Souza, 2015) que caracterizam o desenvolvimento de um incêndio:

Fase 1: O incêndio inicia-se com a ignição de um material combustível, cuja duração depende da qualidade e quantidade do material. Posteriormente dá-se o processo de propagação do incêndio, o qual se caracteriza pelo aumento da libertação de calor e da temperatura, num curto espaço de tempo. Quando todos os materiais presentes atingem o seu ponto de ignição, criando um envolvimento das chamas com todos os combustíveis expostos, dá-se o nome de *Flashover*. Este fenómeno determina a conclusão desta fase.

Fase 2: A taxa de temperatura decresce acima dos 800 °C. Nesta fase o fogo é controlado pela disponibilidade de oxigênio ainda existente.

Fase 3: A fase final ocorre quando o incêndio já consumiu grande parte do combustível e oxigênio. As chamas diminuem de intensidade e a transmissão de calor vai decrescendo.

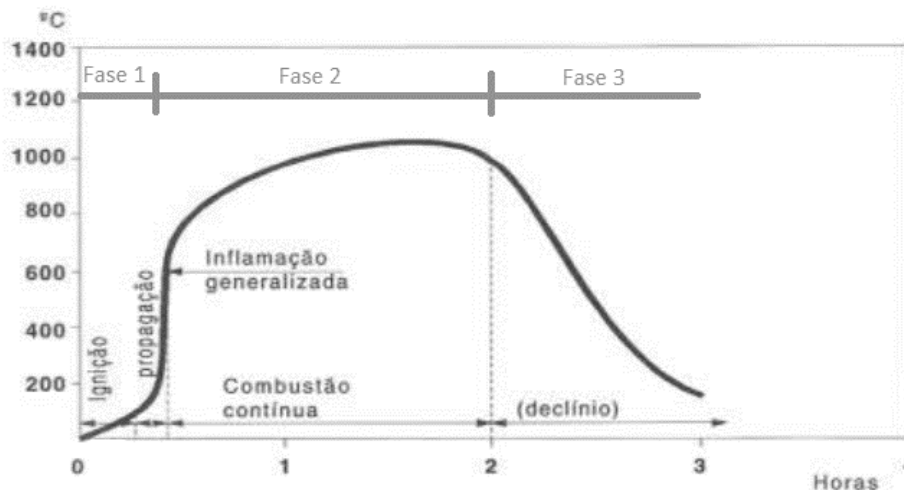


Figura 2 – Fases de um incêndio. Adaptado de Oliveira, 2014

2.1. Incêndios florestais

2.1.1. Considerações iniciais

Os incêndios florestais têm sido um grande problema a nível mundial, especialmente no período da estação seca. É nesta época que a vegetação se torna mais facilmente combustível provocando incêndios que atingem e afetam a área florestal, pondo em causa os diferentes ecossistemas, a qualidade do solo e os processos de erosão a longo prazo e a vida dos seres humanos (Lourenço *et al.*, 2012).

As condições meteorológicas são uma das causas dos incêndios florestais, contudo não são as únicas. O uso do fogo (e.g. queima de lixo, queimadas, lançamento de foguetes, fogueiras, fumar, apicultura, chaminés), o incendiarismo, as causas acidentais (e.g. transportes e comunicações, maquinaria e equipamento, outras causas acidentais), estruturais (e.g. caça e vida selvagem, uso do solo, defesa contra incêndios, etc), naturais (raio) e indeterminadas (Lourenço *et al.*, 2012) são as categorias nas quais se pode explicar a origem dos incêndios.

Uma análise das causas mais frequentes entre 1996 e 2010, concluiu que mais de 50% correspondem a causas indeterminadas. A segunda maior causa é o incendiarismo e a terceira o uso do fogo (Lourenço *et al.*, 2012). De salientar que numa zona onde ocorram frequentemente ignições, períodos secos e vegetação é muito fácil um incêndio se alastrar por uma determinada área devido ao combustível, às condições climáticas e à topografia local (Calkin *et al.*, 2014). Condições extremas de

baixa humidade e a elevada velocidade do vento (Westhaver, 2016) provocam uma maior celeridade de propagação dos incêndios. Nos EUA e Austrália, a questão dos fogos florestais tem sido muito falada devido ao elevado número de ocorrências e danos causados.

Em Portugal um incêndio florestal para ser considerado como Grande Incêndio Florestal (GIF) terá de compreender uma área ardida superior a 100ha, mas em Espanha denominam GIF como áreas superiores a 500ha, segundo a Autoridade Florestal Nacional (Ferreira-Leite *et al.*, 2012). Para definir um GIF deveria também considerar-se, segundo Ferreira-Leite *et al.*, 2012, a duração, intensidade, severidade, local onde ocorre, meios envolvidos, número de vítimas mortais, prejuízos e a velocidade das chamas.

Como se verifica na Figura 3, as zonas norte e centro do país foram as mais afetadas pelos GIF entre 1996 e 2009, e o panorama permanece semelhante atualmente (2017), correspondendo a locais com elevada densidade de vegetação.

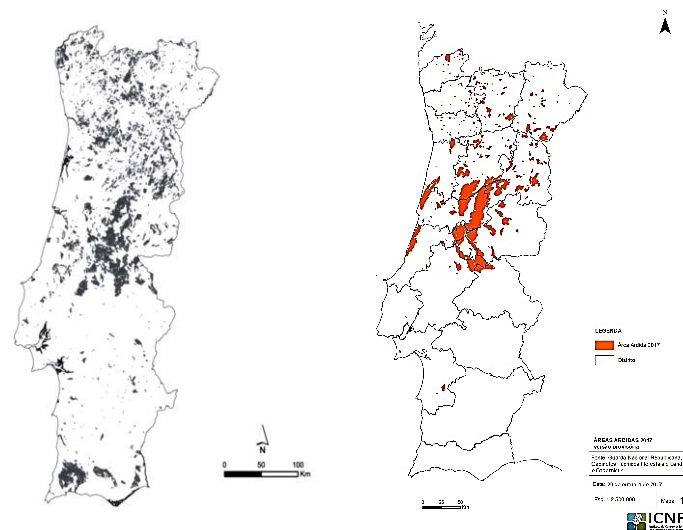


Figura 3 – À esquerda: Áreas ardidas entre 1996 e 2006 (Ferreira-Leite *et al.*, 2012). À direita: Área ardida em 2017 (ICNF, 2017)

2.1.2. Entidades relevantes na proteção de florestas contra incêndios

O Decreto-Lei nº. 76/2017, de 17 de Agosto de 2017, alteração do Decreto-Lei nº. 124/2006, de 28 de Junho de 2006, desenvolve ações e medidas no que diz respeito ao Sistema de Defesa da Floresta Contra Incêndios (SDFCI). Este Decreto-Lei foi concebido após a severidade dos Incêndios de Pedrógão Grande. Este faz o planeamento de um conjunto de estratégias no sentido de defender as florestas contra os incêndios. Para tal, existem três entidades que representam o SDFCI:

- i) O Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, I.P. (ICNF, I.P.) que faz a “coordenação das ações de prevenção estrutural, vertentes de sensibilização, planeamento, organização do território florestal, silvicultura e infraestruturização da defesa

da floresta contra incêndios”. O ICNF faz o registo das áreas ardidas em Portugal e tem um Sistema de Gestão de Informação de Incêndios Florestais. Foi também criada uma equipa que acompanha e elabora anualmente o Plano Nacional de Defesa da Floresta Contra Incêndios (PNDFCI). Também existe esta equipa ao nível municipal – Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios (PMDFCI).

- ii) A Guarda Nacional Republicana (GNR), responsável pela “coordenação das ações de prevenção relativas à vertente da vigilância, deteção e fiscalização”;
- iii) A Autoridade Nacional de Proteção Civil (ANPC), à qual cabe “a coordenação das ações de combate, rescaldo e vigilância pós-incêndio”.

2.1.3. Risco de incêndio

O risco de incêndio consiste na probabilidade de ocorrer um incêndio num determinado local e momento (Viegas *et al.*, 2017), normalmente relacionado com as condições meteorológicas. Um incêndio pode causar danos e perdas físicas, sociais, económicas e ambientais, dependendo da fragilidade de cada sistema.

Em Portugal é utilizado o sistema canadiano designado por *Fire Weather Index* (FWI) (IPMA) para estimar o risco de incêndio. O índice de risco de incêndio florestal é determinado pela combinação entre o índice FWI dado pela autoridade nacional de meteorologia (IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera) e o índice de risco conjuntural facultado pelo ICNF (Decreto-Lei n.º 76/2017). Este último índice consiste na definição da vulnerabilidade do solo face ao fogo, ou seja, zonas que arderam há pouco tempo terão menor probabilidade de arder. O índice de risco de incêndio florestal, também conhecido como Risco Conjuntural Meteorológico (RCM), é exprimido em 5 classes de risco, como se apresenta na Tabela 1, em que quanto maior o valor do FWI, maior a classe. O IPMA divulga diariamente o risco de incêndio por concelho.

Tabela 1 – Classes de risco de incêndio. Adaptado de IPMA.

	Classes de risco
1	Reduzido
2	Moderado
3	Elevado
4	Muito Elevado
5	Máximo

2.1.4. A interface urbano-florestal (IUF)

A problemática desta dissertação prende-se na questão da propagação dos fogos florestais para os aglomerados urbanos ser uma situação que ocorre com bastante frequência e que merece ser estudada.

Em primeiro lugar, importa definir a interface urbano-florestal (IUF): sempre que “o fogo de interface é qualquer ponto onde o combustível que alimenta um incêndio florestal muda de combustível natural (florestal) para combustível produzido pelo homem (urbano)” (Butler, 1974). A vegetação é o principal combustível num incêndio florestal, como acima referido. No entanto, num incêndio na IUF a estrutura e os materiais que a constituem são os elementos combustíveis. Se for possível que uma estrutura seja resistente ao fogo, então este problema deixa de incluir os aglomerados urbanos, passando a ser um problema de incêndio florestal (Graham *et al.*, 2012).

Há que diferenciar um incêndio no interior de um edifício de um incêndio na interface urbano-florestal pois o primeiro envolve, à partida, uma estrutura e no segundo poderão estar em causa a ignição de várias estruturas num curto espaço de tempo. O potencial de uma estrutura arder ou não na IUF depende dos seus materiais e consequente vulnerabilidade e da sua envolvente (Cohen, 2000), sendo também possível uma casa arder por estar adjacente a outra casa (Westhaver, 2016). Assim, para diminuir a frequência destes incêndios é necessário reduzir estas possíveis ignições. O problema dos incêndios na interface urbano-florestal depende essencialmente da exposição das casas e da sua vulnerabilidade. O termo *Home Ignition Zone*, citado por vários autores como por exemplo Cohen (2008), pretende dividir o espaço correspondente às estruturas e sua envolvente onde se incluem combustíveis naturais e artificiais, em três zonas de prioridade, como ilustrado na Figura 4. Cada zona define um certo grau de importância, dependendo da distância até à estrutura, até um raio de aproximadamente 100 m, sendo a zona 1 considerada com maior prioridade.

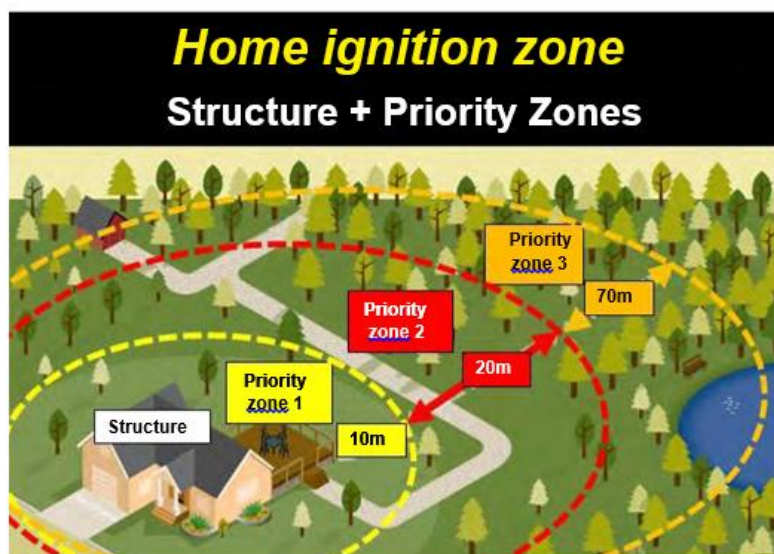


Figura 4 – Zonas de ignição de uma casa. Extraído de Cohen, 2008

Segundo Jack Cohen a sequência que transforma um incêndio florestal num desastre na IUF pode ser explicada de acordo com a seguinte sequência (Figura 5).

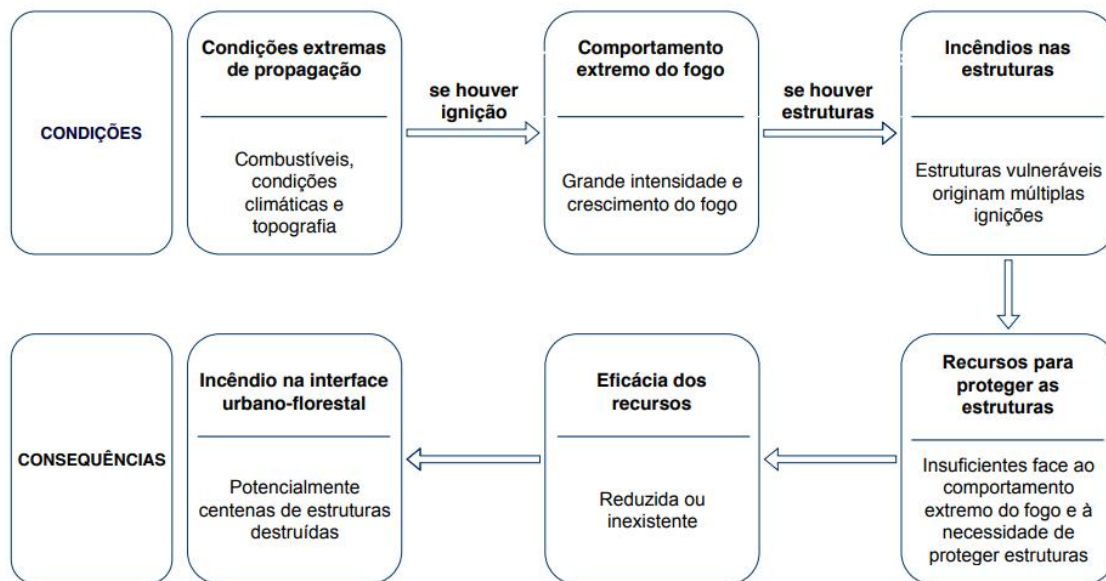


Figura 5 – Sequência das fases de um incêndio na IUF. Adaptado de Cohen, 2008

Um incêndio florestal pode atingir casas diretamente através de chamas, de radiação ou indiretamente devido às fagulhas (também conhecidas por “firebrands” do termo em inglês). No entanto, tendo em consideração que as matas deveriam estar limpas e deve ser feita a gestão de combustíveis, é difícil que uma casa comece a arder devido aos fogos florestais por contacto com as chamas ou por radiação (Westhaver, 2016).

Muitos autores, como Manzello *et al.*, 2009; Calkin *et al.*, 2014; Gollner, M. J. et al., 2015; Westhaver, 2016, consideram que o fenómeno de projeção de fagulhas é o principal responsável pela ignição de estruturas no contexto da IUF. As fagulhas, faíscas compostas por fragmentos de material em combustão, produzem-se através das chamas na vegetação, podem ter no máximo 3cm de diâmetro (Westhaver, 2016) e em épocas secas está provado que quase sempre podem criar novos fogos pontuais (Forestry Canada Fire Danger Group, 1992). Basta que as fagulhas se coloquem nas zonas mais vulneráveis de uma estrutura (e.g. fissuras) para que ocorra a combustão. Neste caso, as zonas de ignição verificadas na Figura 4 não se aplicam visto que não existe qualquer forma de prever o andamento das fagulhas e a sua distância desde o início de propagação até às estruturas.

A Figura 6 ilustra uma casa que ardeu, embora a vegetação à volta esteja intacta, o que sugere a presença de fagulhas. De notar que nesta situação é muito provável que a vegetação envolvente não seja tão combustível como, por exemplo, o eucalipto e o pinheiro.



Figura 6 – Exemplo de uma casa que ardeu pelo efeito da propagação das fagulhas no incêndio de Angora, Califórnia. Extraído de Gollner et al., 2015.

2.1.5. Gestão de combustíveis

Em 2017, após os graves incêndios decorridos nesse ano, foi reformulado o Decreto-Lei nº. 124/2006 e foram feitas algumas alterações relativamente à defesa de pessoas e bens.

A gestão de combustíveis consiste em realizar faixas em locais específicos de modo a eliminar a vegetação, sendo muitas vezes fundamental para a sobrevivência de uma estrutura. Nos termos do Decreto-Lei nº. 76/2017 é obrigatório executar faixas de “largura não inferior a 50m, medida a partir da alvenaria exterior do edifício, sempre que esta faixa abranja terrenos ocupados com floresta, matos ou pastagens naturais” e uma “largura definida no PMDFCI, com o mínimo de 10 m e o máximo de 50 m, medida a partir da alvenaria exterior do edifício, quando a faixa abranja exclusivamente terrenos ocupados com outras ocupações”. Estes trabalhos deverão decorrer entre o final do período crítico do ano anterior (geralmente entre 1 de Julho a 30 de Setembro, podendo ser alterado) e 30 de Abril de cada ano.

“Nos aglomerados populacionais inseridos ou confinantes com espaços florestais, e previamente definidos nos PMDFCI, é obrigatória a gestão de combustível numa faixa exterior de proteção de largura mínima não inferior a 100m, podendo, face à perigosidade de incêndio rural de escala municipal, outra amplitude ser definida nos respetivos planos municipais de defesa da floresta”. Foi partilhado um folheto realizado pelo ICNF com o objetivo de alertar a população a proteger as suas casas dos incêndios florestais (ANEXO 7.1. – Folheto ICNF).

2.2. Incêndios em edifícios

Os incêndios em edifícios podem ser provocados por duas situações: quando o combustível tem origem no exterior ou no interior do edifício. A primeira prioridade na presença de um incêndio no interior de uma estrutura consiste em evacuar as pessoas, sendo a segunda a prevenção do crescimento do fogo. Em centros urbanos antigos há vários problemas de acessibilidade aos locais, o que dificulta a entrada

de veículos de socorro. Nestas zonas é bastante comum a presença de estruturas mais deficientes no que diz respeito aos seus materiais constituintes, o que provoca uma aceleração do incêndio muito mais acentuada.

No entanto, não é do âmbito desta dissertação a análise dos incêndios provocados no interior dos edifícios. De notar que a atual legislação apenas se concentra neste tipo de fogos, sem mencionar os incêndios da interface urbano-florestal, cuja origem de combustão é no exterior. No que diz respeito à proteção exterior de uma casa apenas foi desenvolvido o Artigo nº15 do Decreto-Lei nº76/2017, mas quando se trata de fogos florestais não há qualquer legislação que preveja, por exemplo, a entrada de fagulhas. Neste capítulo serão abordadas a resistência e reação ao fogo dos produtos de construção e o comportamento dos principais materiais de construção face ao fogo.

2.2.1. Resistência ao fogo

A resistência ao fogo de um produto da construção (material, elemento ou componentes isolados ou em módulos de sistemas pré-fabricados ou instalações) é estimada através de ensaios. Os produtos de construção são submetidos a condições e temperaturas reais e é calculado o período de tempo em minutos desde o processo ou ensaio térmico até o momento em que deixa de cumprir as exigências funcionais para o qual foi projetado (Silva, 2010). As classes de resistência ao fogo, segundo o Decreto-Lei nº224/2015 (RJ-SCIE: Regime Jurídico Da Segurança Contra Incêndios), são as seguintes:

- **R** – Capacidade de suporte de carga;
- **E** – Estanteidade a chamas e gases quentes;
- **I** – Isolamento térmico;
- **W** – Radiação;
- **M** – Ação mecânica;
- **C** – Fecho automático;
- **S** – Passagem de fumo;
- **P** ou **PH** – Continuidade de fornecimento de energia e/ou de sinal;
- **G** – Resistência ao fogo;
- **K** – Capacidade de proteção contra o fogo;
- **D** – Duração da estabilidade a temperatura constante;
- **DH** – Duração da estabilidade na curva tipo tempo-temperatura;
- **F** – Funcionalidade dos ventiladores elétricos;
- **B** – Funcionalidade dos ventiladores naturais de fumo e calor.

Às classes anteriores estão associadas nove categorias que representam a duração em minutos requerida (15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240, 360 min.). Para caracterizar a classe de resistência ao fogo é indicada a letra correspondente à classe do elemento seguida do número em minutos a que

resiste, como por exemplo REI 60 tem uma capacidade de suporte de carga (R), estanqueidade (E) e um isolamento térmico (I) que resistem durante 60 minutos.

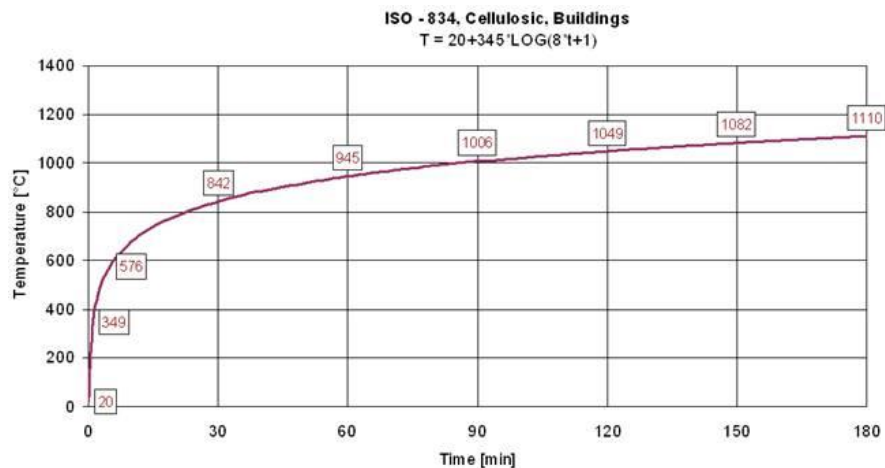


Figura 7 – Curva padrão da temperatura de incêndio de um elemento da construção (ISO 834-1, 2014)

O gráfico da Figura 7, retirado da ISO 834 - *Fire resistance tests*, pretende ilustrar a temperatura ao longo do tempo nos elementos da construção em edifícios. Em 1903 surgiu a ideia de padronizar os resultados dos testes de incêndio, entre os quais o gráfico acima foi um dos resultados. Este é utilizado para avaliar a resistência ao fogo de estruturas de betão e materiais de construção civil para incêndios originados por materiais celulósicos (ISO 834-1, 2014). Esta curva permite concluir que, por exemplo, um elemento da construção REI 60 é submetido no mínimo a cerca de 945°C.

2.2.2. Reação ao fogo

A reação ao fogo baseia-se na capacidade de inflamação de um dado material. É avaliada de acordo com ensaios normalizados aos materiais, definindo a combustibilidade, inflamabilidade, velocidade de chama, poder calorífico, opacidade e propagação de gases e fumos (Brito *et al.*, 2004). Segundo a EN 13501-1, a qual separa a capacidade de inflamação de um material em classes, a Euroclasse A1 significa que o material é 100% incombustível, como por exemplo, a lã de rocha. Os produtos de construção aumentam de combustibilidade da Euroclasse A2 até à F como se verifica na Figura 8. A madeira, por exemplo, é um material da classe D.

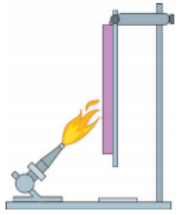
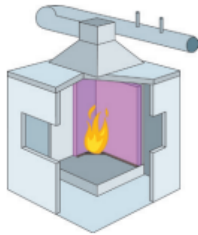

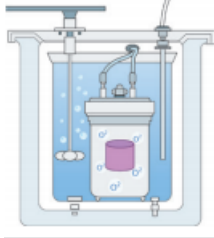


Figura 8 – Euroclasses dos produtos combustíveis

Nos produtos combustíveis, a produção de fumo é classificada, de menor para maior, como s1, s2 e s3 e a queda de gotas ou de partículas inflamadas pode ser d0, d1, d2 ou sem classificação, sendo d0 um produto sem gotas/partículas inflamadas. Os produtos de construção cuja classificação de acordo com a Euroclasse é obrigatória são sujeitos a ensaios específicos de acordo com as normas europeias e que simulam as três fases de um incêndio (Les Essentiels de l'Habitat N.º 6, 2016). Na Tabela 2 apresentam-se os ensaios correntes, bem como o objetivo e para que classes são utilizados.

No ensaio de pequena chama, no caso de um produto da construção começar a arder antes do período de tempo estipulado, este pertence à classe E ou F de imediato, sem ser necessário realizar os restantes ensaios. Logo, para um produto da construção de classe E ou F não é avaliado o seu poder calorífico superior, que indica a quantidade de calor libertada por unidade de massa ou superfície na combustão de um determinado material. De acordo com especialistas da área se o material após cerca de 20 minutos não entrar em ignição, apresentando fumo opaco e, depois de ser submetido ao ensaio SBI não libertar gotículas, é atribuída a classe B-s1,d0.

Tabela 2 – Ensaio de reação ao fogo. Adaptado de Coelho, 2016 e Les Essentiels de l’Habitat N.º 6, 2016

Ensaio		Objetivo	Classes
Pequena chama (EN ISO 11925-2)		Avaliar a propagação da chama	B, C, D, E e F
Objeto isolado em combustão (Single Burning Item – SBI) (EN 13823)		Determinar o calor libertado e produção de fumo em 600s	A2, B, C e D
Incombustibilidade (EN ISO 1182)		Identificar os produtos que não contribuem para o crescimento do fogo a 750°C e durante 1h	A1 e A2
Bomba calorimétrica (EN ISO 1716)		Determinar o calor de combustão do produto (Poder Calorífico Superior)	A1 e A2

2.2.3. Comportamento ao fogo dos produtos da construção

Neste tópico serão abordadas as principais características dos materiais de construção mais utilizados nas estruturas. Tendo em consideração os subcapítulos anteriores, serão também analisadas a reação e resistência ao fogo da pedra, tijolo, madeira, betão armado e estruturas metálicas.

2.3.4.1 Pedra e tijolo

Desde muito antigamente que a pedra é utilizada como material estrutural, sozinha ou ligada com argamassa. Em Portugal a sua utilização já não é tão corrente, mas existem muitas casas em alvenaria estrutural de pedra, muitas delas cujos elementos de pedra estão em contacto direto com o exterior e sujeitos às condições climáticas. O granito é mais utilizado nas construções das zonas de Trás-os-Montes, Beiras e Douro Litoral, o xisto nas zonas do Douro e Beiras e o calcário nas regiões de Lisboa e Alentejo (Flores *et al.*, 2004).

Na construção, a alvenaria de pedra estrutural é aplicada em fundações, paredes, pavimentos, escadas e coberturas, sendo mais frequentemente utilizada em paredes. Hoje em dia a pedra é observada em muitos monumentos históricos. É um material com resistência à compressão, ao desgaste e à ação do fogo (Flores *et al.*, 2004).

O tijolo é um material cerâmico normalmente de enchimento, sem funções estruturais, mas com elevada resistência ao fogo. São habitualmente colocados em paredes exteriores e divisórias interiores. As alvenarias de tijolo cerâmico são constituídas por tijolos, que podem ser maciços ou furados, e por argamassas de assentamento e/ou revestimento (Flores *et al.*, 2004).

O Eurocódigo 6 define valores mínimos de espessura de paredes de alvenaria de tijolo cerâmico para a resistência ao fogo, sendo estes valores descritos na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores mínimos de espessura de paredes de alvenaria de tijolo cerâmico para resistência ao fogo. Adaptado de Eurocódigo 6.

Massa volúmica ρ (kg/m ³) $500 \leq \rho \leq 2400$	Espessura mínima (mm) para resistência ao fogo em minutos (min)							
	mm	60/100	90/100	90/100	100/140	100/170	160/190	190/210
	min	30	45	60	90	120	180	240

2.3.4.2 Madeira

A madeira é um material muito antigo com acentuada aplicação na indústria da construção. A sua estrutura fibrosa heterogénea e anisotrópica é o que a distingue dos outros materiais (Brito, 2004). É um material muito vulnerável à temperatura, humidade e à sua própria densidade. Em Portugal, o pinho bravo é a espécie mais utilizada na construção. A Tabela 4 apresenta as vantagens e inconvenientes da madeira.

Tabela 4 – Vantagens e inconvenientes da utilização da madeira na construção (Brito, 2004)

Vantagens	Inconvenientes
Material leve e com excelente relação resistência/peso	Elevado preço
Renovação natural	Grande heterogeneidade e anisotropia (resistência e variações de dimensão variam em três direções)
Material reutilizável	Quando desprotegida apresenta grande vulnerabilidade aos agentes agressivos
Fácil de trabalhar	Combustibilidade
Igual capacidade de resistência à compressão e tração	Variação de dimensões com a presença de humidade
Durável, quando protegida e de boa qualidade	Limitação de dimensões
Grande diversidade de qualidades	
Ótimo isolamento acústico, térmico e elétrico	

A madeira é muito utilizada nas coberturas tradicionais constituídas por:

- Revestimento (telhas ou outro material)
- Ripas (suporte do revestimento)
- Varas (suporte das ripas)
- Madres (com alguma rigidez e que suportam as varas)
- Asna (suporte das madres).

As varas, madres e asnas fazem parte da estrutura da cobertura, sendo estas geralmente em madeira. As ripas, constituídas pelo ripado e contra-ripado, são estruturas descontínuas que suportam as telhas. Estes elementos podem ser em madeira, metálicos, em PVC, etc. O revestimento tradicional em Portugal é em telhas cerâmicas de encaixe que devem ser colocadas de baixo para cima, como se encontra ilustrado na Figura 9. Este tipo de revestimento exige manutenção periodicamente.

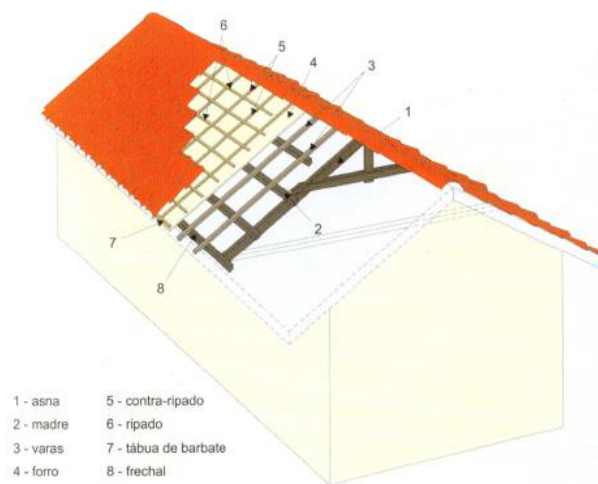


Figura 9 – Estrutura tradicional de uma cobertura em madeira. Adaptado de Paulo et al., 2001

Este material também pode ser utilizado de três outras formas (Brito, 2004):

- 1) Noutras estruturas resistentes como: estacas (embora muito raramente utilizadas atualmente), paredes (Cruzes de Santo André) e pavimentos;
- 2) Em estruturas de apoio na fase construtiva, como cofragens e cimbres;
- 3) No revestimento/acabamento.

Os principais problemas da madeira são o ataque de agentes de deterioração (xilófagos) e o seu comportamento ao fogo.

Ação do fogo

Uma das características que define este material é a sua baixa condutibilidade térmica, propriedade que depende do peso específico e do teor de humidade presente nas peças de madeira. A condutibilidade térmica define a capacidade que os materiais têm de conduzir energia térmica. Alguns exemplos de aplicação é a utilização recorrente da madeira na construção nos países nórdicos, para a conservação de calor no ambiente, ao passo que nas regiões quentes é usada para conferir uma menor absorção de calor no interior dos edifícios. A madeira não apresenta uma boa reação ao fogo, mas é resistente.

Ao iniciar a combustão, é criada uma superfície de carbonização isolante, que dificulta a transmissão de calor, diminuindo a velocidade de propagação do fogo para o interior. Esta camada tem uma condutibilidade térmica inferior (cerca de 1/6) à da madeira (Anastácio, 2010). Há ainda outra camada que se encontra alterada, mas sem estar totalmente destruída (camada de pirólise), e por fim, a restante secção não afetada (secção útil), a qual mantém a sua resistência mecânica. Por isso, no dimensionamento de estruturas de madeira é importante colocar o valor esperado da perda de secção. A Figura 10 pretende ilustrar a carbonização de uma viga de madeira que foi exposta ao fogo durante 30 minutos, a qual sofreu uma diminuição da secção ao longo do tempo.



Figura 10 – Viga de madeira carbonizada. Extraído de Anastácio, 2010.

2.3.4.3 Betão armado

Atualmente o betão é o material mais utilizado na construção. Compreende a mistura de água, agregados e areia, com um ligante hidráulico (pasta de cimento). Por vezes, são adicionados

adjuvantes e/ou aditivos que influenciam as características do betão. Em todo o mundo verificou-se uma enorme expansão de betão armado (betão envolvendo armaduras), ocorrendo em Portugal a primeira obra com esta tecnologia em 1898. O betão armado é utilizado em praticamente todas as estruturas que requerem resistência elevada.

As características do betão (Brito *et al.*, 2005) para o seu adequado desempenho são as seguintes:

- Compacidade;
- Resistência à compressão;
- Impermeabilidade;
- Aderência às alvenarias;
- Volume constante durante a presa e endurecimento;
- Permanência de resistência;
- Facilidade de moldagem;

Na Tabela 5 são apresentadas algumas vantagens e inconvenientes da utilização do betão armado na construção. No que diz respeito à durabilidade, de notar que o betão é um material que se degrada ao longo do tempo. Há vários fatores que afetam a durabilidade do betão armado, bem como a corrosão das armaduras, carbonatação do betão, penetração de cloretos, etc. Estes fatores provocam muitas vezes a fendilhação do betão e, em situações mais graves, o destacamento do material.

Tabela 5 – Vantagens e inconvenientes do betão armado (Brito et al., 2005)

Vantagens	Inconvenientes
Disponibilidade de matéria-prima	Peso próprio (2400 kg/m ³)
Facilidade em adaptar às diferentes exigências geométricas	Baixo isolamento térmico
Incombustibilidade	Durabilidade
Elevada resistência à compressão (betão) e tração (armaduras)	Elevado impacte ambiental
Económico em relação a outros materiais	
Não é necessário mão-de-obra especializada	

De salientar que o betão tem reduzida resistência à tração, embora a introdução de armaduras confira esta resistência. Em relação ao impacte ambiental tal refere-se à exploração de pedreiras, ao gasto de energia e à produção de resíduos durante a construção e após demolição de um determinado edifício. Hoje em dia existe uma preocupação ambiental maior sendo por vezes aplicado betão com agregados reciclados a fim de reutilizar os materiais, reduzindo a perturbação das pedreiras.

Ação do fogo

O betão apresenta um bom desempenho face ao fogo devido a quatro importantes características:

- 1) É incombustível;
- 2) Não gera fumo ou gases tóxicos;
- 3) Não liberta partículas que iniciam novos focos de incêndio;
- 4) É mau condutor de calor, garantindo uma boa resistência ao fogo. No caso de betão armado é conveniente que as armaduras estejam protegidas.

No entanto, com o sucessivo aumento da temperatura, o betão vai perdendo as suas propriedades, originando fissuras, fendas e o destacamento.

Em betões porosos sob ação do fogo é formado vapor de água até atingir a superfície do betão, atrasando o aumento da temperatura no betão. Em betões menos porosos, sucede um aumento de pressão nos poros, podendo originar o destacamento do betão - fenómeno de *spalling* (Fernandes, 2008). Assim, a armadura fica exposta, diminuindo a resistência do betão armado. Ao estar sujeito a elevadas temperaturas ocorre a evaporação da água de amassadura do betão provocando variações de volume.

Relativamente aos agregados, estes sofrem com o aumento de temperatura expansões dependendo do seu tamanho, provocando fissuras no betão. Devido às reações de hidratação do betão, a pasta de cimento sofre retração, surgindo microfissuras entre a pasta e os agregados, fenómeno que origina maior porosidade e reduzida rigidez (Fernandes, 2008). A Figura 11 pretende explicar o comportamento do betão à medida que a temperatura sobe. De notar que apenas acima dos 400°C o betão começa a perder capacidade resistente.

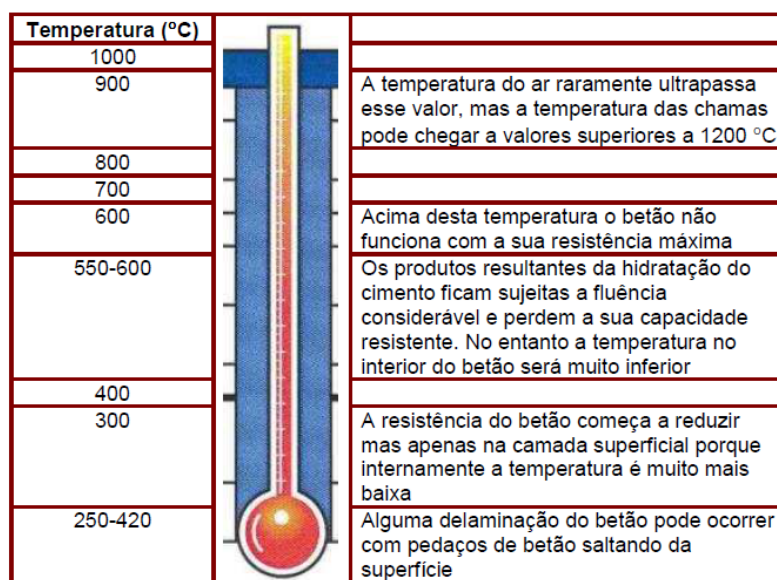


Figura 11 – Efeito de temperaturas elevadas no betão. Extraído de Appleton, 2012.

O aço é uma liga metálica composta por ferro e carbono. Como já foi referido anteriormente, o aço é o material que contribui para a resistência à tração do betão armado. Neste caso são utilizados aços laminados a quente executados a temperaturas acima de 700°C. Como o betão, o aço perde uma parte

das suas características de resistência após os 400°C durante um incêndio. No entanto, devido à sua elevada condutibilidade térmica e consequente rápida propagação, o aço tende a reduzir muito mais a sua resistência do que o betão (Fernandes, 2008). A partir do instante em que a armadura está exposta ao fogo, após ultrapassar o betão, a resistência das peças de betão armado diminui.

2.3.4.4 Estruturas metálicas

As estruturas metálicas presentes nos edifícios têm um comportamento ao fogo semelhante ao do aço no betão armado, já mencionado anteriormente. As temperaturas elevadas podem afetar muito as propriedades mecânicas do aço. Geram alterações na microestrutura e deformações elevadas, visto que a tensão de cedência diminui. A exposição prolongada ao fogo pode implicar a perda da capacidade resistente. A 700°C o aço tem apenas 23% da sua capacidade resistente (Real, 2016).

Trata-se de um material com elevada ductilidade, propriedade relacionada com o grau de se deformar plasticamente sem se verificar a rutura. Ao aumentar a temperatura, maior será a sua ductilidade. Pelo contrário, para temperaturas baixas o aço tem um comportamento frágil, adquirindo facilmente a sua rutura.

No entanto, as temperaturas elevadas podem também criar corrosão e posteriormente a perda de resistência. Neste sentido devem ser aplicados métodos de proteção das estruturas metálicas contra a corrosão, tais como (Real, 2016):

1. Pintura com tintas intumescentes;
2. Argamassas projetadas;
3. Placas rígidas;
4. Revestimento com mantas (fibra cerâmica, lã de rocha).

2.3. Conclusões

Em suma, uma das principais questões a ter consideração ao longo deste trabalho é o facto de um incêndio na interface urbano-florestal ser completamente diferente de um incêndio no interior de um edifício pois no primeiro a ignição ocorre do exterior para o interior.

Os produtos da construção reagem de forma diferente face ao fogo, sendo uns mais sensíveis do que outros. Concluiu-se que as estruturas de betão armado e os tijolos cerâmicos oferecem uma forte resistência ao fogo. Materiais como a lã de rocha também devem ser utilizados no que diz respeito aos incêndios devido à sua elevada incombustibilidade.

3. ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS DE CASAS AFETADAS PELOS FOGOS FLORESTAIS

Neste capítulo são descritos os resultados de recolha de dados imprescindíveis para este estudo, bem como a definição dos objetivos e, por fim, a análise dos resultados e conclusões. Foram recolhidas informações em relatórios e estudos realizados sobre os dois grandes incêndios florestais que marcaram a história de Portugal:

1. Incêndios de Pedrógão Grande (17.06.2017 – 24.06.2017);
2. Incêndios de Outubro de 2017 (14.10.2017 – 16.10.2017).

Foram selecionados estes incêndios, não só pela sua dimensão, impacto e complexidade, mas também por serem ocorrências recentes. Além disso, observou-se que as casas foram reconstruídas com as características semelhantes às originais não se procedendo a qualquer intervenção com novas técnicas no sentido de proteger as novas construções. Assim, foi elaborado um questionário e enviado a todos os concelhos afetados pelos dois incêndios acima mencionados, de forma a reforçar o estudo e analisar as hipóteses colocadas. Este questionário teve início a Novembro de 2017. Houve também a possibilidade de realizar uma entrevista com o Comandante Carlos Pires dos Bombeiros de Aveiro - Velhos para melhor entender algumas questões específicas do combate às chamas e reforçar as informações recolhidas anteriormente. O distrito de Aveiro foi afetado pelos Incêndios de Outubro, os quais tiveram um grande impacto não só na área florestal, mas também em zonas urbanas.

3.1. Objetivos e hipóteses

A principal finalidade desta recolha de informações prende-se com a reunião de características das casas afetadas pelos incêndios, e as respetivas causas de ignição. Aquando da análise aos estudos e relatórios disponíveis sobre os dois incêndios e envio do questionário às Câmaras de cada concelho foram colocadas algumas questões, para as quais se pretendia obter o máximo de respostas/informações válidas possível:

1. Onde se deu a ignição nas casas, mais concretamente, se a cobertura foi o principal local onde o fogo começou;
2. Qual a estrutura da cobertura da maior parte das casas afetadas;
3. Qual a origem dos fogos nas estruturas: se a propagação de fagulhas teve um impacto significativo.

Com os relatórios dos incêndios, os questionários respondidos pelo responsável de cada Câmara e uma entrevista com os Bombeiros de Aveiro foi possível fazer uma análise das informações recolhidas e, por fim, responder às hipóteses acima descritas. As Câmaras de todos os concelhos tiveram, assim,

um papel fundamental na realização deste estudo e demonstraram todo o apoio necessário, tal como o corpo de Bombeiros de Aveiro.

Relativamente à entrevista com o Comandante dos Bombeiros, esta teve como objetivo a melhor compreensão do impacto das fagulhas nas habitações e da importância de partilhar com a população as medidas de proteção em caso de incêndio florestal.

3.2. Enquadramento geral e estudo sobre os Incêndios em Portugal do ano 2017

Os incêndios florestais em Portugal têm tido grande expressão desde os anos 70 do século passado, altura em que as zonas florestais começaram a ser abandonadas (Lourenço, 2007). O ICNF criou um gráfico provisório onde se apresenta a área ardida desde 1996 até 2017. Este gráfico, representado na Figura 12, consiste em dados provisórios devido à existência de focos secundários que surgiram devido aos incêndios, fatos estes difíceis de registar. Em 2017 arderam cerca de 510 mil hectares, valor sobrestimado pois inclui áreas que se denominam de “ilhas” - locais que não foram afetados mas encontravam-se rodeadas de áreas ardidas (Guerreiro *et al.*, 2018). De notar que entre 2006 e 2016 verificou-se uma descida significativa do valor de área ardida relativamente aos anos 2003 e 2005. Contudo, em 2017 o valor registado ultrapassa todos os anteriormente registados desde 1996.

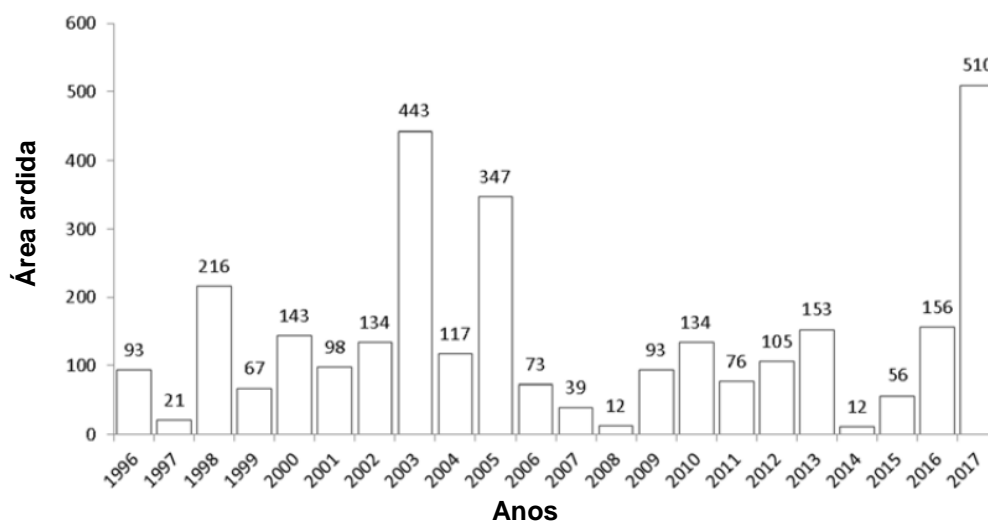


Figura 12 – Gráfico com as áreas ardidas em mil hectares entre 1996 e 2017 (dados provisórios do ICNF, janeiro 2018). Adaptado de Guerreiro *et al.*

Em 2017, cerca de 60% da área ardida foram povoamentos florestais e 40% ocorreu em matos e pastagens (Guerreiro *et al.*, 2018). No entanto, o espaço urbano, incluído nos povoamentos florestais, corresponde a 1,2% da área total ardida, valor que aparentemente não tem grande significado quando comparado com os anteriores, mas representa cerca de 6 mil hectares. O pinheiro-bravo e o eucalipto são as espécies que mais têm sido afetadas, pela sua fácil e rápida combustão, e influenciaram uma

percentagem de espaço urbano ardido de 12,5% e 9,4%, respetivamente, como ocorrência secundária (Guerreiro *et al.*, 2018), ou seja, devido à propagação de fagulhas.

Apresenta-se de seguida uma breve análise aos Incêndios de 2017, pretendendo dar maior ênfase às habitações afetadas.

3.2.1. Incêndios de Pedrógão Grande

Este complexo de incêndios ficou marcado pelo elevado número de vítimas e danos causados (florestais e estruturais), deixando até de ser classificado como incêndio florestal, alterando esta definição para “catástrofe”. Os concelhos mais afetados foram Pedrógão Grande, Figueiró dos Vinhos, Castanheira de Pêra, Penela e Sertã. As causas possíveis foram a descarga elétrica de uma trovoadas seca, a descarga elétrica de uma linha de média tensão e a possibilidade de fogo posto (Viegas *et al.*, 2017). As condições climáticas destas regiões durante o dia 17 de Junho também colaboraram na propagação do incêndio, bem como o potencial risco de incêndio muito elevado, relevo acentuado e vasta densidade florestal, com espécies arbóreas como o Eucalipto e Pinheiro, que rapidamente entraram em combustão (Viegas *et al.*, 2017). A área total deste incêndio (somando todos os fogos que surgiram nos diferentes concelhos) foi de 45 328ha. Este incêndio foi até considerado um dos piores acidentes da Europa (Viegas *et al.*, 2017). A Figura 13 e a Figura 14 pretendem ilustrar o forte impacto que este incêndio teve nas comunidades, com graves danos em toda a área.



Figura 13 – Fotografia aérea, extraída de um drone, ilustra os danos do incêndio. Adaptado de RTP Notícias



Figura 14 – Impacto do incêndio na população. Extraído de Jornal de Negócios, 2018

No relatório realizado pela Universidade de Coimbra (Viegas *et al.*, 2017) foi elaborada uma análise das estruturas apenas nos concelhos mais afetados (Pedrógão Grande, Figueiró dos Vinhos e Castanheira de Pêra) atendendo à dimensão do incêndio e escasso tempo. Concluiu-se que o seu impacto dependia do tipo de estrutura (habitação permanente, habitação secundária, armazéns, etc), tipo de construção (alvenaria, madeira, etc), idade e estado de conservação (Viegas *et al.*, 2017). As estruturas devolutas foram as que tiveram maior percentagem de dano após a passagem do fogo. No entanto, dos 1035 casos de estruturas danificadas, apenas 21% encontravam-se em bom estado de conservação antes do incêndio (Viegas *et al.*, 2017). A Figura 15 apresenta uma situação de uma casa construída com materiais recentes e que resistiu ao incêndio.



Figura 15 – Exemplo de uma casa que resistiu ao incêndio. Extraído de Viegas *et al.*, 2017

Outro aspeto que se demonstrou foi o facto da envolvente da estrutura (estruturas isoladas ou não) ser algo que influencia diretamente o nível de danos. Das 963 casas onde se verificou a possibilidade de gestão de combustíveis, cerca de 44% não possuía qualquer gestão de combustíveis e em 50% esta gestão foi apenas parcial. O termo parcial significa “interrupção ou redução de vegetação mais combustível” numa distância de 3 metros. Assim, é fundamental realizar a gestão de combustíveis à volta de uma estrutura, especialmente em estruturas isoladas, eliminando a vegetação na sua envolvente (Viegas *et al.*, 2017).

TIPO DE IGNIÇÃO

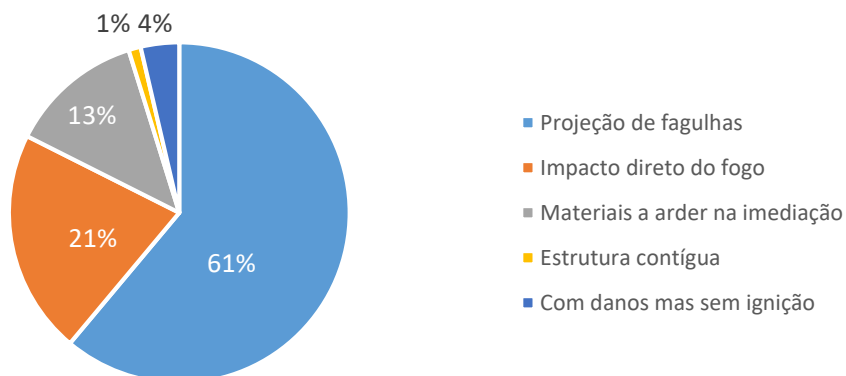


Figura 16 – Gráfico com a percentagem de estruturas danificadas em função do tipo de ignição. Adaptado de Viegas *et al.*, 2017

Por fim, uma das questões colocadas e investigadas foi a chegada do fogo à estrutura, objeto de estudo também na construção do questionário. Esta análise foi efetuada em 1041 casas afetadas pelos fogos, onde foi possível identificar o tipo de ignição. Concluiu-se que 61% das estruturas foram danificadas (parcial e totalmente) devido à propagação de fagulhas e o impacto direto nas estruturas foi de apenas 21%, como é possível verificar no gráfico da Figura 16 (Viegas *et al.*, 2017).

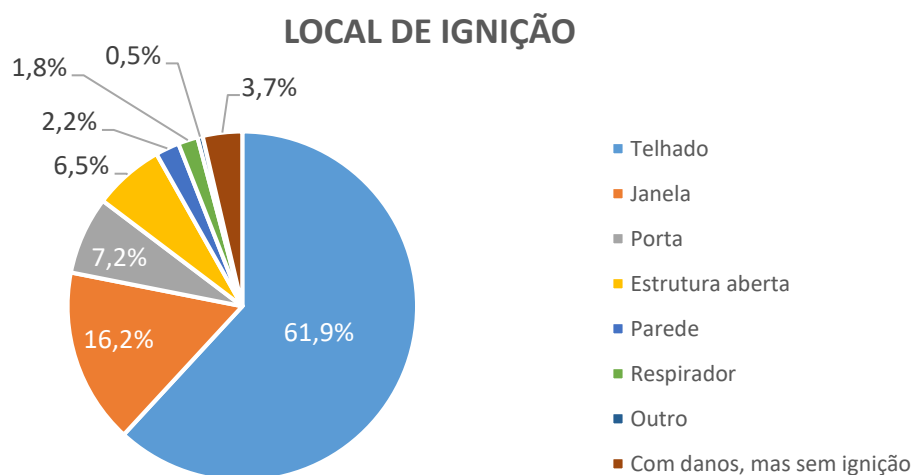


Figura 17 - Gráfico com a percentagem de estruturas danificadas em função do local de ignição. Adaptado de Viegas *et al.*, 2017

Quanto ao local de ignição, cerca de 62% ocorreu no telhado, não só devido à existência de pontos vulneráveis, mas também por ação do vento forte que provocou a destruição das coberturas, expondo o interior das estruturas (Viegas *et al.*, 2017). Em cerca de 23% das estruturas danificadas, o fogo iniciou nas janelas e portas, como se encontra representado no gráfico da Figura 17. De notar que os respiradouros são locais onde facilmente entram fagulhas, pelo que houve 19 casos onde foi este o local de ignição. Algumas estruturas começaram a arder pelas paredes (Viegas *et al.*, 2017), facto que se justifica pela existência de fendas ou outras anomalias que tornam a estrutura frágil à entrada do fogo. Na Figura 18 é possível verificar os efeitos do incêndio durante a ocorrência e depois, onde o nível de danos é bastante visível. De notar que a cobertura foi destruída em ambas as casas.



Figura 18 – À esquerda: casa em chamas durante o incêndio. Adaptado de Jornal Expresso, 2017; à direita: interior de uma casa de alvenaria após a passagem do fogo extraído de Sábado, 2017

No relatório divulgado sobre os incêndios de Pedrógão Grande, foi criado um “Índice simplificado do impacto do fogo na população” que consiste no “grau de dano provocado pelo fogo”. Este índice foi baseado em três variáveis: vítimas mortais, estruturas edificadas e espaços florestais ou rurais. No caso das estruturas esta variável tem um contributo de 35%, com cerca de 1110 estruturas danificadas no total, sendo esta variável calculada através da relação entre estas estruturas e o número total de estruturas existentes (Viegas *et al.*, 2017). Às restantes variáveis foram atribuídos os valores de 45% e 20% para vítimas mortais e espaços florestais ou rurais, respetivamente. Uma das situações mais preocupantes, que surgiu nestes incêndios, foi o facto de cerca de metade das vítimas mortais terem perdido a vida precisamente quando tentavam fugir das suas casas, tendo-se verificado posteriormente que 21 das 65 vítimas não tiveram qualquer dano nas suas casas (Viegas *et al.*, 2017). Este facto aponta para a falta de preparação e conhecimento da população sobre a reação numa situação de incêndio florestal. Em Portugal não existe nenhum concelho com um plano de autoproteção com caminhos de evacuação ou locais em que a população se possa abrigar (Viegas *et al.*, 2017).

A Figura 9 pretende demonstrar o impacto parcial de cada variável, em que, no total, os concelhos mais afetados foram Figueiró dos Vinhos, Pedrógão Grande e Castanheira de Pêra (Viegas *et al.*, 2017). Também nestes concelhos a densidade populacional é maior, o que indica a existência de mais habitações (Viegas *et al.*, 2017).

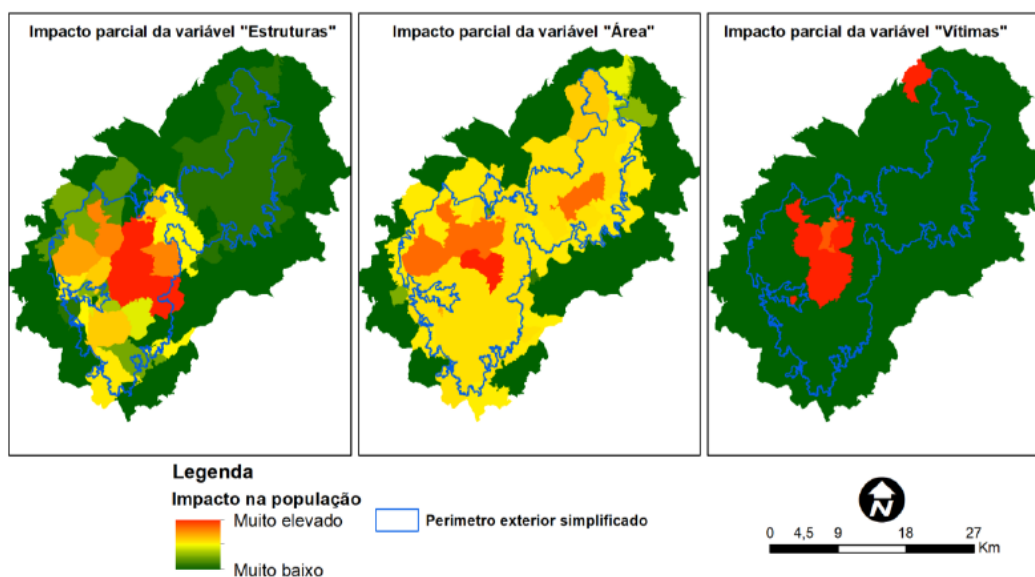


Figura 19 – Impacto parcial das estruturas, áreas florestais e vítimas nos concelhos mais afetados. Extraído de Viegas *et al.*, 2017

Por fim, foi avaliado e concluído que a população portuguesa não se encontra preparada para este tipo de ocorrência, não só durante, mas também antes da passagem do incêndio. A gestão de combustíveis é fundamental para as estruturas não sofrerem grandes danos. O relatório conclui ainda que, se as habitações estiverem em boas condições, bem como a sua envolvente seja favorável, então estas passam a ser consideradas como um local seguro (Viegas *et al.*, 2017).

3.2.2. Incêndios de 15 de Outubro

Relativamente aos Incêndios de Outubro, houve também um elevado número de vítimas e a sua dispersão geográfica foi muito maior quando comparada com os incêndios de Pedrógão Grande, com 241 mil hectares de área ardida (Guerreiro *et al.*, 2018). Segundo a Comissão Técnica Independente, foi efetuada uma estimativa do número de ocorrências de acordo com o número de ignições, valores que se expõem na Tabela 6.

Tabela 6 – Número de ocorrências diárias. Adaptado de Guerreiro *et al.*, 2018

Dia	14.10.2017	15.10.2017	16.10.2017
Nº de ocorrências	216	460	172

As causas destes incêndios relacionam-se essencialmente com as condições meteorológicas adversas sentidas em todo o país, com médias diárias de temperatura máxima de 30°C e humidades relativas muito baixas. De notar que o IPMA previa desde 12 de Outubro “Perigo Meteorológico Extremo” para todo o território no dia 15. Neste dia ocorreram simultaneamente exposição de ar quente e seco intensificada pelo furacão *Ophelia* e uma elevada seca sazonal (Guerreiro *et al.*, 2018).

Um dos maiores problemas que surgiu foi a existência de muitos focos secundários que resultaram da projeção de fagulhas e colaboraram, uma vez mais, na propagação do fogo. Foi possível calcular uma média de área ardida de 10 mil hectares por hora entre as 16h do dia 15 e as 5h do dia 16. De facto, estes incêndios foram praticamente incontroláveis e impossíveis de extinguir não apenas devido à escassez de meios, mas também devido à coincidência de ocorrências e áreas de grande dimensão (Guerreiro *et al.*, 2018).

Concluiu-se que na interface urbano-rural, a gestão de combustíveis pode ser considerada fundamental na diminuição da propagação do incêndio. Porém, esta intervenção torna-se ineficaz nestas condições extremas de alastramento (Guerreiro *et al.*, 2018).

No relatório efetuado pela Comissão Técnica Independente, praticamente não foram relatadas as características das habitações, e conseqüentemente as causas de ignição, mas sim das empresas que sofreram danos. Este incêndio teve um impacto direto em infraestruturas de 521 empresas (4500 postos de trabalho), incluindo não só as instalações, como também equipamentos, viaturas e matérias-primas (Guerreiro *et al.*, 2018). Devido à simultaneidade de ocorrências, a prioridade prendeu-se essencialmente em habitações, facto que justifica o elevado número de instalações empresariais afetadas (Guerreiro *et al.*, 2018). Em síntese, e devido ao comportamento do fogo e vento forte, houve propagação de fagulhas a mais de 2km de distância entre os espaços florestais e as referidas instalações (Guerreiro *et al.*, 2018).

Mais uma vez se constatou que a população não se encontra preparada numa situação de incêndio florestal, sendo que 60% das casas das vítimas deste incêndio não sofreram qualquer dano. As habitações que arderam totalmente eram antigas, com materiais combustíveis como barrotes de madeira, janelas e portas de madeira e estores de plástico (Guerreiro *et al.*, 2018). A Figura 20, retirada de um drone, pretende ilustrar o cenário na aldeia Álvaro em Oleiros, onde foram danificadas cerca de 40 casas (Guerreiro *et al.*, 2018), sendo visível a sua destruição total e cuja ignição surgiu claramente na cobertura.



Figura 20 – Casas muito afetadas pelos incêndios no concelho de Oleiros. Adaptado de SIC Notícias

Por fim, conclui-se que as hipóteses referidas anteriormente encontram-se comprovadas com estes dois estudos efetuados sobre os incêndios de 2017. No entanto, surgiu a necessidade de obter informações mais concretas em relação às características das casas afetadas, através das Câmaras e, por essa razão, serão apresentados de seguida os questionários e a sua análise.

3.3. Questionários

A dificuldade de obtenção de informação foi algo que se registou ao longo de todo o trabalho, sobretudo nesta fase. No entanto, foi possível recolher dados de 12 concelhos afetados (ASMAA, 2017; Viegas *et al.*, 2017) por estes incêndios (os quais correspondem a 7 distritos) com a elaboração de um questionário, no qual foi recolhida a opinião e conhecimento que os responsáveis de cada Câmara podiam disponibilizar, da forma mais rápida e direta possível. O questionário encontra-se em ANEXO 7.2. – Estrutura dos questionários, bem como as respostas das respetivas câmaras.

Na Figura 21 e Tabela 7 encontram-se os distritos e respetivos concelhos inquiridos. De notar que na Tabela, os concelhos com **(1+2)** são concelhos que foram afetados por ambos os incêndios, sendo **(1)** referente aos Incêndios de Pedrógão Grande e **(2)** aos Incêndios de 15 de Outubro.



Figura 21 – Distritos inquiridos

Tabela 7 – Concelhos inquiridos

		Distritos						
		Castelo Branco	Coimbra	Leiria	Guarda	Aveiro	Viana do Castelo	Viseu
Concelhos	Sertã (1+2)		Arganil (1+2)	Figueiró dos Vinhos (1)	Seia (2)	Vale de Cambra (2)	Monção (2)	Vouzela (2)
	Oleiros (2)		Penela (1) Pampilhosa da Serra (1+2) Mira (2)	Pedrogão Grande (1)				

De salientar que as conclusões deste estudo consistem apenas numa amostra, visto que não foi possível analisar todos os casos. No entanto, as informações recolhidas em apenas 12 concelhos foram analisadas e propõem-se, posteriormente, medidas de proteção que possam ser aplicadas pelo menos nas zonas mais suscetíveis a incêndios florestais.

- **Análise estatística e discussão dos resultados**

Neste capítulo procede-se à apresentação e discussão dos resultados obtidos pelos inquiridos, bem como a apresentação de conclusões relativamente às características das casas que arderam.

Em primeiro lugar, de notar que 100% dos inquiridos consideraram que, de um modo geral, as casas muito afetadas pelos fogos tinham paredes de alvenaria de pedra e cobertura inclinada constituída por telha cerâmica. No entanto, houve também casas ardidas contruídas em estrutura de betão, embora com uma expressão muito menor. Como se pode observar no gráfico da Figura 22, 5 dos 12 inquiridos (42%) responderam que houve casas totalmente ardidas em estrutura de betão na sua região.

HOUVE CASAS TOTALMENTE ARDIDAS
CONSTRUÍDAS EM ESTRUTURA DE BETÃO ?

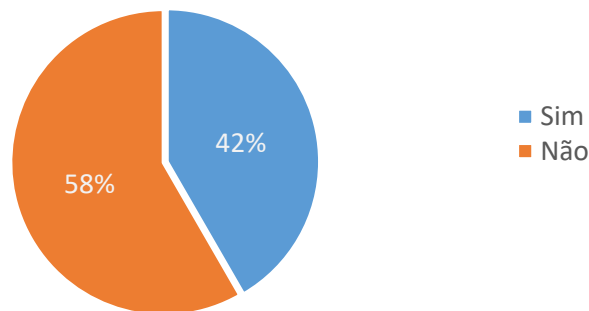


Figura 22 – Respostas dos inquiridos sobre a existência de casas totalmente ardidas construídas em estrutura de betão

Na Tabela 8 encontram-se os resultados obtidos das casas totalmente ardidas, em que Tipo A - Estrutura de alvenaria de pedra e telhado inclinado de telha e Tipo B – Estrutura de Betão.

Tabela 8 – Número de casas totalmente ardidas nos diferentes concelhos

Concelhos	Casas totalmente ardidas tipo A	Casas totalmente ardidas tipo B
Arganil	200	0
Figueiró dos Vinhos	3	0
Pampilhosa da Serra	250	0
Penela	0	0
Seia	70	10
Sertã	28	1
Vale de Cambra	3	0
Monção	14	0
Oleiros	104	49
Vouzela	250	6
Pedrógão Grande	250	25
Mira	16	0
TOTAL	1188	91

Como se pode observar na Figura 23, cerca de 93% das casas que arderam totalmente tinham uma estrutura de alvenaria de pedra e cobertura inclinada de telha e apenas 7% tinham estrutura de betão, com lajes de betão nos pisos. Tendo em consideração a grande discrepância entre as duas percentagens, torna-se evidente que as casas construídas em estrutura de betão são, efetivamente, mais resistentes aos fogos.

ESTRUTURA DAS CASAS QUE ARDERAM TOTALMENTE

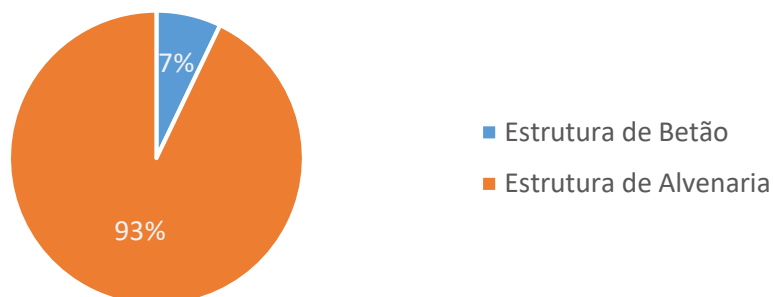


Figura 23 – Comparação de casas que arderam totalmente com estruturas de betão e de alvenaria

De notar que, embora os resultados tenham sido os esperados, no concelho de Oleiros a diferença entre o número de casas do Tipo A e do Tipo B não foi tão significativo como nos restantes. Este facto pode ser explicado por uma das seguintes opções:

- 1) a falta de manutenção das estruturas;
- 2) a consideração como “casas totalmente ardidas” pois houve a necessidade de demolir por questões estruturais a totalidade das casas após terem sido apenas parcialmente afetadas pelo incêndio;
- 3) a intensidade do fogo nessa região provocadas pelo vento, forte combustibilidade, etc.

Na Figura 24, fotografia obtida através de um drone, é possível observar a aldeia Álvaro em Oleiros, sendo perceptível o forte impacto nas casas que este concelho sofreu. Segundo informação da SIC Notícias, 15 mil hectares arderam no concelho de Oleiros. Assim, conclui-se que o nível de violência do incêndio foi bastante elevado neste local. De notar ainda que se trata de uma das aldeias de xisto que fazem parte do património português, onde o material de construção predominante na maior parte das casas é o xisto. Um dos danos que pode surgir nas estruturas de xisto é a deterioração ou destacamento do reboco (Barros, 2009), que pode inclusivamente resultar em fendas que permitem a entrada de fagulhas, facilitando assim a propagação do incêndio na aldeia.



Figura 24 – Aldeia Álvaro em Oleiros. Adaptado de SIC Notícias

No gráfico da Figura 25 é possível concluir que 10 dos 12 inquiridos responderam que o incêndio, na maior parte das casas ardidas, iniciou na cobertura, o que corresponde a uma percentagem de, aproximadamente, 83%. Contudo, 3 dos 12 inquiridos que responderam que o incêndio se iniciou na cobertura, replicaram que a ignição se deu também nas janelas e portas das casas. A restante percentagem não tinha conhecimento do local de ignição do incêndio.

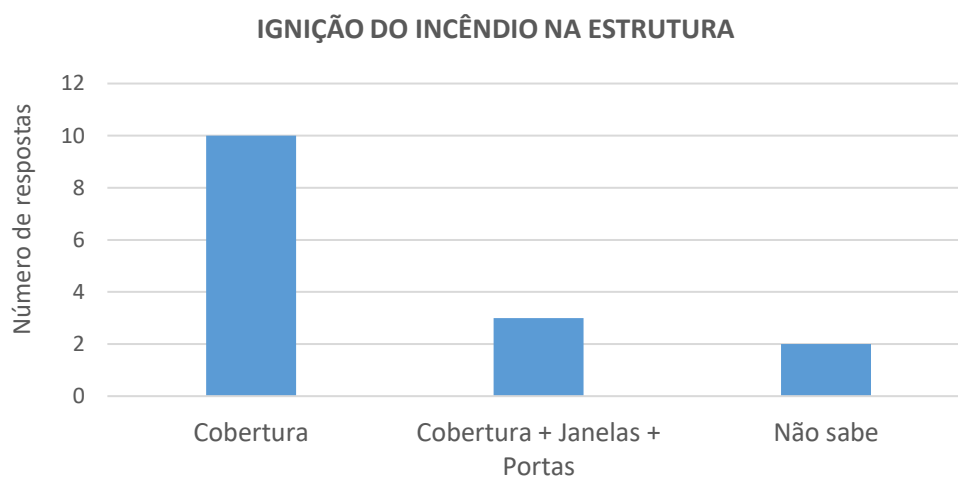


Figura 25 – Ignição do incêndio na estrutura

Assim, é possível concluir que o início do fogo na maior parte das casas afetadas pelos dois Incêndios de 2017 surgiu na cobertura. Este facto justifica-se pela propagação das fagulhas ao longo da interface urbano-florestal, depositando-se nos telhados em pontos frágeis e iniciando, assim, novas ignições – fogos secundários.

Relativamente à questão 7 sobre a estrutura de suporte da cobertura, a totalidade dos representantes das câmaras asseguram que esta era constituída por madeira na maior parte das casas ardidas. Esta situação pode explicar o elevado número de ignições que ocorreram na cobertura. Quanto aos pavimentos das casas que arderam totalmente, ou seja, casas onde o fogo atingiu o interior das mesmas, 100% dos inquiridos referem que a madeira foi o material mais abundante nestes elementos. Como se pode verificar, a madeira é um material que funciona mal na presença do fogo. O facto de se questionar sobre o material dos pavimentos das casas totalmente ardidas serve para comprovar a combustibilidade da madeira face aos outros materiais, visto que os pavimentos correspondem a cerca de 40% da área de uma casa. Com pavimentos de madeira o fogo tem maior facilidade em se alastrar pela casa.

Como se pode verificar no gráfico da Figura 26, 84% dos inquiridos alegam a existência de casas que arderam sem terem árvores num raio de 20m. Este resultado indica que houve, efetivamente, propagação de fagulhas até estas casas. Apenas 8% responderam que “Não” e 8% não sabiam responder.

HOUVE CASAS QUE ARDERAM SEM TEREM ÁRVORES NUM RAIOS DE CERCA DE 20M?

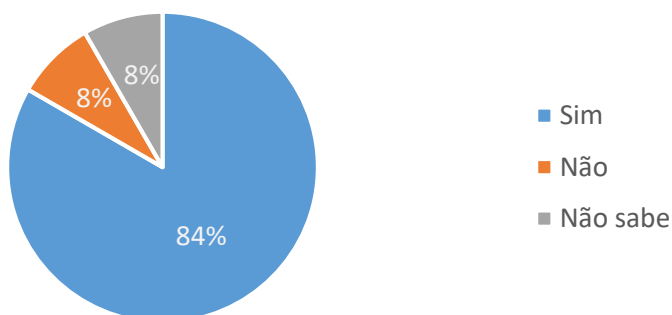


Figura 26 – Respostas dos inquiridos sobre a existência de árvores num raio de 20m à volta de casas afetadas

O gráfico da Figura 27 pretende representar a opinião dos responsáveis pelos casos de casas ardidas relativamente à propagação de fagulhas ter ou não iniciado os incêndios nas casas. A grande maioria (84%) pensa que os incêndios nas estruturas se iniciaram devido à propagação de fagulhas, o que evidencia, mais uma vez, que este é um dos principais problemas que afeta as casas.

ACHA QUE OS INCÊNDIOS NAS CASAS ARDIDAS SE INICIARAM DEVIDO À PROPAGAÇÃO DE FAGULHAS?

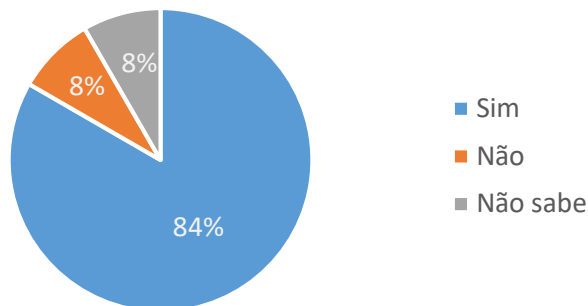


Figura 27 – Respostas dos inquiridos sobre a opinião relativamente à propagação de fagulhas

No final do questionário alguns dos inquiridos fizeram comentários sobre informações que consideraram relevantes, como por exemplo:

- No concelho de Seia, algumas construções em betão tiveram deformações que obrigaram à total demolição do edifício;
 - No concelho de Pedrógão Grande, o inquérito foi realizado apenas para as habitações, sem contar com os 600 anexos agrícolas;
 - No concelho de Sertã, a única habitação com estrutura em betão não tinha árvores num raio de 20m.
- Por fim, conclui-se que todas as hipóteses deste estudo estão comprovadas com as respostas ao questionário enviado às câmaras dos concelhos afetados pelos Incêndios de 2017.

3.4. Entrevista com Bombeiros de Aveiro - Velhos

No dia 15 de Outubro de 2017 surgiram 64 ocorrências de incêndios florestais em Aveiro. Tendo em consideração de que se tratava de um domingo, seria de esperar que grande parte dos bombeiros não estivesse disponível. No entanto, mais de 800 bombeiros do quadro ativo de Aveiro estiveram presentes no combate aos incêndios florestais. A principal ocorrência foi em Vale de Cambra, onde surgiu falta de meios para a dimensão do incêndio (Guerreiro *et al.*, 2018)

Relativamente à entrevista com o Comandante e Engenheiro Carlos Pires do Corpo de Bombeiros Voluntários Velhos de Aveiro, de notar que o principal objetivo era reforçar as conclusões retiradas dos inquéritos e estudos no que diz respeito às fagulhas, ou seja, que a maior parte das casas ardidas iniciaram a ignição na cobertura. Este facto foi, efetivamente, uma vez mais comprovado, desta vez pelos bombeiros. O próprio Comandante afirmou que as fagulhas foram a principal razão que justifica os incêndios urbanos, especialmente com a ação do vento. Houve casos neste distrito em que as fagulhas foram projetadas a mais de 2400m, iniciando novas ignições.

Outra das questões faladas foi o facto de as casas terem sido afetadas porque havia vegetação muito próxima, bem como ramos de eucalipto (de grande dimensão) que potenciam as projeções a grandes distâncias. Um incêndio passa de incêndio florestal a urbano essencialmente por proximidade das habitações, condições meteorológicas e projeção. O Comandante declarou que no caso de um incêndio florestal se aproximar de uma área urbana, a população consegue defender cerca de 42% das casas dessa região. Se não existir qualquer proteção por parte da população, é possível defender apenas 19% dessas habitações. Ou seja, uma das conclusões retiradas foi que a população tem um papel indispensável no que diz respeito à proteção das casas durante e, fundamentalmente, antes da ocorrência.

Foram disponibilizadas algumas medidas de preparação da sociedade em caso de incêndio, pelo que são apresentadas de seguida as mais relevantes para o presente estudo. Estas medidas foram partilhadas com a população e vão ao encontro do que foi definido e partilhado pelo ICNF.

Antes da ocorrência (Pires, 2017):

1. Criar uma faixa de proteção de 50m à volta da casa;
2. As árvores e arbustos de casas com jardins devem estar a 5m da casa;
3. Manter uma faixa com 1 a 2m de pavimento não inflamável à volta da casa (por exemplo: cimento, mosaico);
4. Acesso à casa deve estar sempre limpo e desobstruído, bem como telhados, caleiras e passadiços de madeira que facilmente acumulam folhas. É conveniente fazer a manutenção destas zonas regularmente para que, no caso de incêndio, estas zonas não sejam zonas de possível ignição
5. É necessário instalar uma rede de retenção de fagulhas nas chaminés da casa. Esta rede é constituída por fibras de aço ou metal e deverão ser os próprios cidadãos a adquirir, através de empresas da especialidade, e a instalar. Em caso de incêndio estar atento às frestas das portas e das janelas por onde as fagulhas possam entrar;
6. Avisar as autoridades se houver lixo acumulado próximo das habitações.

Assim, o objetivo é sensibilizar a população de forma a tomarem medidas antes da ocorrência.

3.5. Conclusões

Após a análise dos dois incêndios com o auxílio dos dois estudos disponibilizados, dos questionários enviados às Câmaras e da entrevista com o comandante dos Bombeiros de Aveiro, conclui-se que este é um assunto que merece a devida atenção, havendo ainda falta de preparação da população. É necessário, tal como mencionado pela Comissão Técnica Independente, compatibilizar a prevenção com o combate, com o apoio de medidas de intervenção antes da ocorrência.

Relativamente às características das casas ardidas, estas eram, maioritariamente, compostas por estrutura de alvenaria de pedra, cobertura em telha e estrutura da cobertura em madeira. As casas com estrutura de betão resistiram mais eficazmente, embora algumas tenham sofrido danos. No entanto, nas conclusões retiradas do estudo da Universidade de Coimbra houve uma grande percentagem de casas (tanto de alvenaria como de betão) que se encontravam em mau estado de conservação, situação que facilitou a entrada do fogo.

O principal obstáculo para a proteção das estruturas prende-se na propagação de fagulhas, as quais foram projetadas até cerca de 2km desde o local onde se encontrava o incêndio até às casas. Em todos os objetos de recolha de informações foi mencionado este inconveniente que provocou ignições essencialmente nas coberturas em pontos vulneráveis. Em grande parte das fotografias dos danos das casas, as coberturas eram praticamente inexistentes.

Por fim, importa mencionar a necessidade de alertar as comunidades para a situação de fogos florestais com medidas que poderão aplicar nas suas habitações com o objetivo de proteger as mesmas.

4. MEDIDAS DE PROTEÇÃO PASSIVA CONTRA INCÊNDIOS FLORESTAIS

Em muitos dos casos estudados, observou-se que as pessoas ficarem cercadas pelas chamas impossibilitando a sua evacuação. Assim, é essencial que os habitantes se sintam confiantes e seguros no interior das suas casas com o auxílio de medidas de prevenção tanto no contexto de casas já existentes, como em construção nova. Estas medidas incluem técnicas construtivas adequadas para proteger os elementos construtivos de um incêndio florestal e são destinadas essencialmente para as zonas com maior risco de incêndio no período seco (centro e norte interior de Portugal). Serão também expostas sucintamente soluções de proteção dos habitantes de aldeias isoladas em caso de incêndios e que serão, neste caso, destinadas a um conjunto de pessoas. Este capítulo abrange medidas de proteção passiva contra incêndios, ou seja, soluções que impedem a propagação do incêndio para o interior.

4.1. Proteção de casas existentes

Neste subcapítulo são estudadas técnicas construtivas de coberturas, janelas e portas no contexto da proteção e reabilitação de casas onde a probabilidade de ocorrência de incêndios florestais é mais elevada. Ao reabilitar uma casa é necessário avaliar os benefícios e custos dessa intervenção, sendo a questão económica desprezável neste estudo. Esta análise foi realizada para uma estrutura de utilização tipo I (habitacionais) com as características das casas que arderam. A maior parte dos habitantes tenciona manter o modelo das suas casas, pelo que esse foi um dos principais pontos a ter em consideração neste subcapítulo. Também a compatibilidade entre materiais é muito importante em obras de reabilitação. Assim, são propostas soluções que irão melhorar o desempenho dos diferentes componentes acima mencionados e terão como finalidade proteger uma casa face ao fogo vindo do exterior.

A intervenção neste contexto tem como objetivo proteger a totalidade ou uma parte de uma casa já existente de modo a promover condições de funcionalidade e segurança. Serão apresentadas soluções relacionadas não só com a substituição de possíveis materiais em más condições, mas também com o reforço das técnicas construtivas existentes e que no futuro possam ser modificadas com um projeto mais detalhado. Sendo impossível implementar soluções em que os materiais não entrem em ignição ao serem expostos às chamas, é importante pelo menos minimizar a probabilidade de ignição e reduzir a taxa de crescimento de um incêndio.

Este estudo compreende a proteção de uma casa com 150 m² de área bruta em planta, dois pisos e um sótão não habitável, constituindo uma casa “antifogo”, na qual a entrada de fagulhas seja impossível ou, pelo menos, pouco significativa. A casa em questão, depois das intervenções, deverá resistir ao

fogo de modo que os seus residentes permaneçam em segurança pelo menos durante uma hora, sem que exista o risco de a estrutura entrar em ignição num espaço de tempo inferior.

As Figuras 28 e 29 representam um esboço da casa-tipo, do primeiro e segundo andar cujas divisões entre compartimentos não foram tidas em consideração por não compreender o âmbito deste estudo.

A casa-tipo é constituída pelos seguintes elementos fundamentais:

- Porta exterior 1,4x2,4m;
- 6 Janelas 2x1,5m;
- 3 Janelas 3x1,5m;
- Cobertura em telha cerâmica.

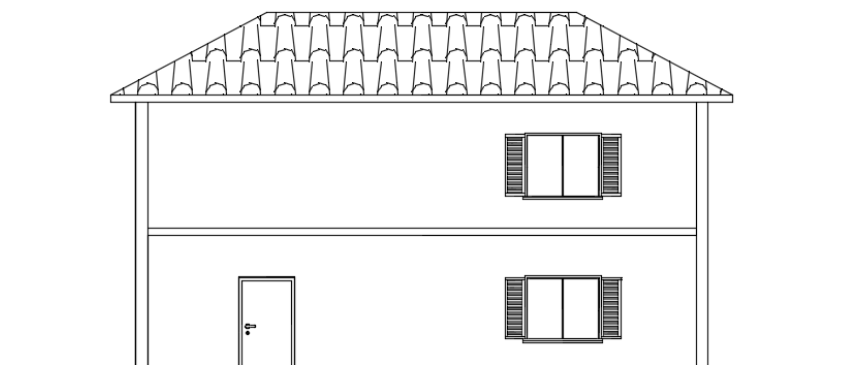


Figura 28 – Corte da casa tipo

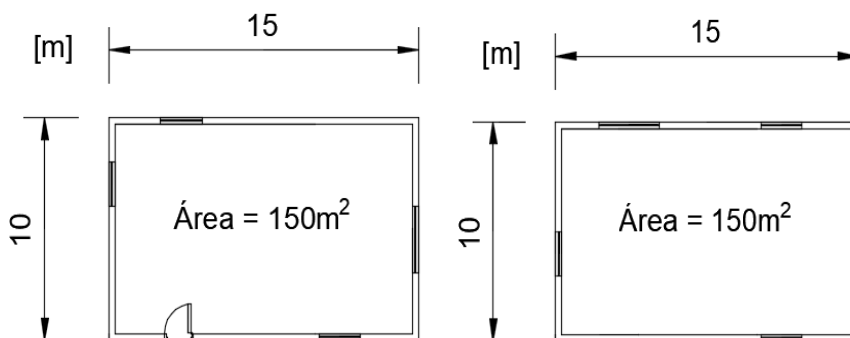


Figura 29 – Planta da casa tipo do R/C (à esquerda) e 1º andar (à direita)

Para a concretização deste estudo foram contactadas duas empresas que oferecem várias soluções com lã de rocha (*Isover Saint-Gobain* e *FTB – Fábrica da barca*) e uma fabricante de portas corta-fogo (*Gosimat*), que tiveram um papel crucial neste estudo com a sugestão dos seus produtos. Posteriormente, foi realizada uma análise das propostas feitas pelas empresas de modo a adquirir uma solução “antifogo” nas coberturas, janelas e portas. Também foi contactada uma empresa de subtelhas (*Onduline*) para eventualmente estudar a possibilidade de aplicação de subtelha que impossibilite a entrada de fagulhas. No entanto, esta análise não obteve sucesso devido à forte combustibilidade do material fibro-betuminoso que constitui a subtelha.

Para além das duas empresas que fornecem técnicas construtivas com a utilização de lã de rocha, também nas portas corta-fogo é colocado este material. Consiste num material isolante térmico fabricado através de rochas basálticas e outros minerais originando um produto leve, flexível e de fácil colocação em obra (Isover – Catálogos). Trata-se de um produto bastante utilizado na construção civil, conferindo uma elevada eficiência energética e bom desempenho acústico. É incombustível, ou seja, não propaga chamas, não tem produção de fumos nem criação de gotículas inflamáveis e, por essa razão, a sua aplicação foi estudada para ser colocada nos elementos referidos anteriormente.

De notar que nos inquéritos apresentados no Capítulo 3 foi questionado se a maior parte das casas que arderam totalmente tinham pavimentos em madeira. Este tema não será abordado nos subcapítulos seguintes porque é um elemento que pertence ao interior de uma casa. Os pavimentos só entrarão em ignição assim que a cobertura e/ou vãos deixarem de ser uma barreira à propagação de um incêndio.

4.1.1. Cobertura

Nos subcapítulos seguintes são descritas as fases de reabilitação da cobertura da casa-tipo, começando por classificar a cobertura existente, descrevendo os seus materiais constituintes. Depois, é formulado o diagnóstico, são expostos os requisitos de resistência e reação ao fogo e, por fim, são apresentadas as técnicas de reabilitação analisadas.

4.1.1.1. Classificação da cobertura

A cobertura inclinada presente na maior parte das casas que arderam trata-se de uma cobertura tradicional, com estrutura de suporte descontínua, em madeira, e revestimento em telha cerâmica. A estrutura da cobertura é composta por vigas (também denominadas varas), asnas e madres. Admite-se que a cobertura é constituída por quatro águas. As telhas devem assentar no ripado e contra ripado, que neste caso é composto por madeira. Nas seguintes técnicas construtivas são apresentados cortes transversais da cobertura. A Figura 30 pretende ilustrar as direções adotadas no telhado.

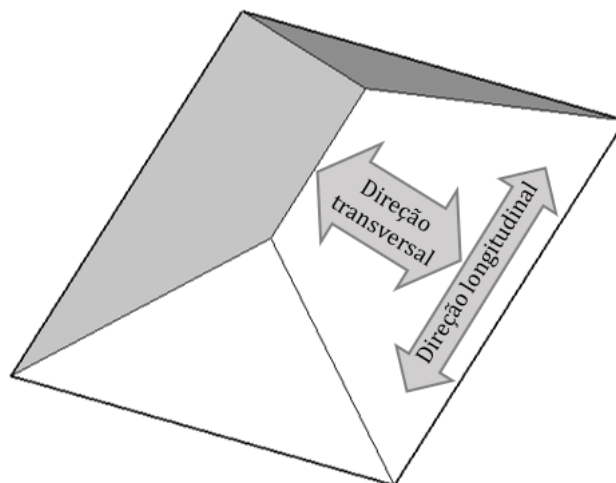


Figura 30 – Direções longitudinal e transversal adotadas na cobertura

4.1.1.2. Diagnóstico

Um diagnóstico é realizado com recurso a diferentes processos (inspeção visual, ensaios e/ou medições), recolhendo as informações necessárias para procurar definir a causa das anomalias num determinado elemento. A anomalia inspecionada neste caso é a deficiente técnica construtiva utilizada na cobertura para proteger os residentes dos incêndios florestais, o que conduz à necessidade de intervenção.

Podem ser também encontradas anomalias devido à falta de manutenção dos telhados. Estas localizam-se tanto ao nível da estrutura de madeira (causadas pela ação humana, ações naturais ou ações de acidente) como nas telhas cerâmicas (fendilhação, deformações, corrosão dos elementos de fixação, etc). As anomalias observadas numa cobertura prejudicam o seu funcionamento e põem em causa a segurança. Assim, no contexto dos incêndios, o facto do revestimento de uma cobertura possuir fendas, faz com que seja um ponto frágil, incitando a entrada de fagulhas para o interior e é iniciada a ignição.

Em primeiro lugar é realizado um levantamento dos danos, e dependendo do que se poderá ou não reaproveitar, são tomadas medidas de reabilitação do telhado. No caso de não ser possível reparar o material existente tanto na cobertura como na sua estrutura devido a más condições da mesma, então é necessário fazer a reconstrução.

4.1.1.3. Exigências normativas

Resistência ao fogo

Uma cobertura deve cumprir as seguintes classes de resistência ao fogo, exigidas na Portaria nº1532/2008:

- 1) Resistência estrutural do elemento (R);
- 2) Estanqueidade às chamas e gases quentes (E);
- 3) Isolamento térmico (I).

A Figura 31 expõe a classificação da resistência ao fogo para pavimentos e coberturas, presente no Decreto-Lei nº224/2015 (RJ-SCIE).

Como já foi referido anteriormente, pretende-se que a cobertura resista ao fogo durante uma hora. Assim, e tendo em consideração que estes requisitos estão sempre associados a uma duração em minutos, pode-se classificar a cobertura como **REI 60**, ou seja, em 60 minutos estão verificados os três requisitos. Esta classificação depende do tipo e espessura dos elementos.

Aplicação: Pavimentos e coberturas

Normas: EN 13501-2; EN 1365-2; EN 1992-1.2; EN 1993-1.2;
EN 1994-1.2; EN 1995-1.2; EN 1999-1.2

Classificação	Duração «em minutos»									
	-	-	30	-	-	-	-	-	-	-
R.....	-	-	30	-	-	-	-	-	-	-
RE.....	-	20	30	-	60	90	120	180	240	360
REI.....	15	20	30	45	60	90	120	180	240	360
Notas.....	-									

Figura 31 – Classificação da resistência ao fogo para pavimentos e coberturas.

Reação ao fogo

Pretende-se uma solução onde sejam aplicados materiais essencialmente não combustíveis. A lã de rocha é um excelente material por ser incombustível (A1). O revestimento exterior (neste caso, telhas cerâmicas) para edifícios de pequena altura deve cumprir no mínimo a classe de reação ao fogo de C-s2, d0, segundo o Artigo 11º. da Portaria 1532/2008. Esta simbologia indica que as telhas devem ser no mínimo combustíveis, com média produção de fumo e sem queda de gotas/partículas inflamadas.

4.1.1.4. Técnicas construtivas

Em relação às técnicas construtivas da cobertura, apresentam-se de seguida duas soluções de intervenção para casas em zonas de elevado risco de incêndio florestal. Ambas as soluções constituem técnicas ao nível da reabilitação de uma cobertura, sendo necessário retirar as telhas cerâmicas para realizar as operações. Este facto conduz a um custo acrescido devido à mão de obra. No entanto, uma grande parte das casas nas aldeias não tem a sua devida manutenção em dia, pelo que existem muitas coberturas cujas telhas já se encontram em mau estado de preservação. O facto de retirar e substituir as telhas trata-se de uma ação de elevada importância para o estado de conservação das coberturas e que compensará no futuro a nível monetário. De notar que as soluções de seguida apresentadas são apenas propostas e que não foram testadas em laboratório, embora alguns materiais separadamente foram ensaiados à resistência ao fogo nas respetivas empresas.

Solução nº1 – Cobertura constituída por placas de gesso laminado separadas por perfis e lã mineral no interior

A solução nº1, guiada pela empresa *Isover Saint-Gobain*, consiste numa técnica muito simples cujo esboço não pormenorizado e sem escala, se apresenta na Figura 32.

O grupo *Saint-Gobain* é composto por várias empresas, sendo uma delas a *Placo Saint-Gobain* que fabrica placas de gesso. De acordo com a gama de produtos que esta empresa fornece, foi obtida uma

solução para a cobertura com base em placas utilizadas normalmente em paredes divisórias sem função estrutural. As paredes divisórias são constituídas por placas de gesso laminado (a empresa produz várias placas), estrutura metálica e lã mineral no interior. As seguintes informações foram baseadas nos vários catálogos oferecidos pela empresa *Isover Saint-Gobain*.

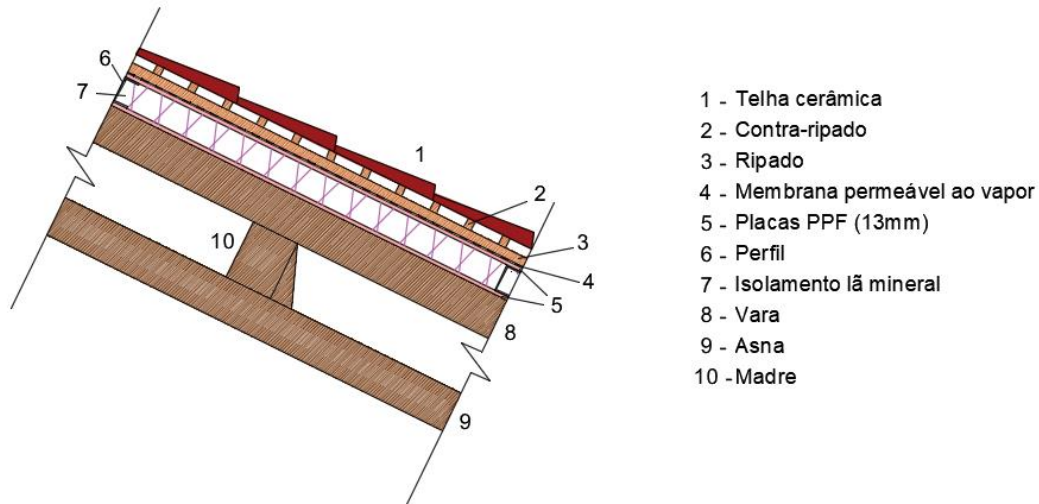


Figura 32 – Corte transversal da cobertura (solução nº1). Desenho sem escala.

As paredes asseguram a classe de resistência ao fogo EI 60. Tal significa que a placa não exposta ao fogo pode resistir até uma hora desde o início do ensaio até no mínimo 945°C, e tem como requisitos a estanqueidade às chamas, a ausência de emissões de gases inflamáveis e o isolamento térmico. Em relação à reação ao fogo, esta é determinada através dos vários ensaios já mencionados anteriormente em 2.2.2.

A solução em estudo, constituída por duas placas de 13mm separadas por perfis e lã mineral no interior, foi ensaiada à resistência a um incêndio com curva de aumento de temperatura normalizada e com a parede na vertical. A curva normalizada não será a mesma, pois este sistema foi testado à resistência ao fogo em situações diferentes. No entanto assume-se que esta curva é muito semelhante. O ensaio de resistência ao fogo de uma parede divisória vertical é relativamente diferente de um cenário em que esta se dispõe horizontalmente e inclinada, pelo que as solicitações mecânicas sobre os perfis são diferentes. Assim, os perfis poderão sofrer alterações, mas não significa que a parede deixe de resistir ao fogo durante 60 minutos, porque a placa inferior que se encontra apoiada nas varas da estrutura de madeira da cobertura continua a respeitar a sua função.

O facto de a espessura deste sistema ser aumentada é sempre favorável para o comportamento face ao fogo. Assim, seria também possível colocar duas placas de 13mm em cada lado, quatro placas no total, favorecendo o sistema ao resistir a 120 minutos de fogo (EI 120). No entanto, ao longo deste estudo será apenas admitida a resistência ao fogo de 60 minutos por motivos de coerência ao longo do trabalho.

○ Placas

As placas adotadas neste trabalho são as PLACOFLAM (PPF) que contêm no interior uma fibra de vidro, que reforça o gesso e apresenta uma maior resistência ao fogo. São placas cor-de-rosa, como se ilustra na Figura 33, de 13mm de espessura, 1,2m de largura e 2m, 2,6m ou 3m de comprimento (L). A sua reação ao fogo é A2-s1,d0, ou seja, não contribuem para o desenvolvimento do fogo, não produzem fumos e não permite a queda de gotas inflamáveis.

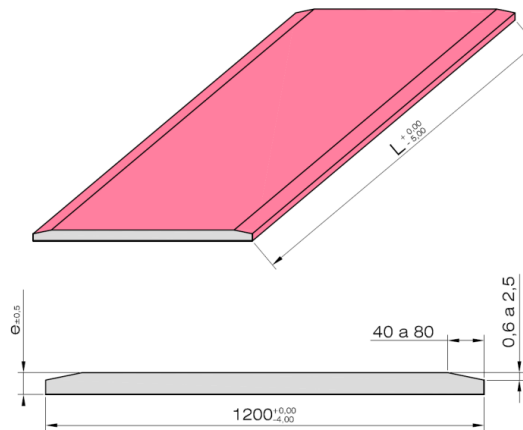


Figura 33 – Dimensões da placa PPF em mm. Extraído do catálogo da empresa.

As diversas vantagens destas placas ao serem aplicadas na cobertura são:

- 1) Facilidade e rapidez de instalação, alteração ou desmontagem;
- 2) Material leve e pré-fabricado;
- 3) Bom isolamento acústico e térmico;
- 4) As superfícies são contínuas e sem juntas devido ao seu bordo rebaixado.

A placa inferior é diretamente apoiada nas varas da estrutura da cobertura. Numa parede divisória, os perfis teriam um espaçamento de 40cm em situações mais exigentes em termos de resistência mecânica. Deste modo, tendo em consideração que as varas são os elementos que suportam as placas e para garantir o máximo desempenho deste sistema, é conveniente as varas estarem distanciadas de 40 em 40cm fazendo coincidir com as juntas entre placas, como se pode observar na Figura 34. Os perfis também têm o mesmo espaçamento de modo a reforçar a resistência nesta zona. O espaçamento de 60 cm representado na Figura 34 corresponde a metade da largura da placa.

O tratamento de juntas é muito importante para garantir estanqueidade e a integridade da superfície das placas. Como se verifica na Figura 34, a disposição das juntas entre placas deverá ser alternada para não fazer coincidir as juntas da placa inferior e superior e precaver a ocorrência de fissuras. De notar que, a face inferior das duas placas não poderá ser tratada com a massa de junta. O tratamento de junta da placa inferior deve ser efetuado antes de colocar a lã mineral e na placa superior antes de aparafusar a membrana permeável ao vapor. A temperatura de aplicação deverá ser superior a 5°C. A selagem das juntas é um processo com o seguinte faseamento:

- 1º Aplicação de uma camada de massa de junta;
- 2º Colocação de uma rede de fibra de vidro que deverá ficar centrada e sobre os dois painéis;
- 3º Quando a primeira demão estiver seca, aplica-se uma segunda camada.

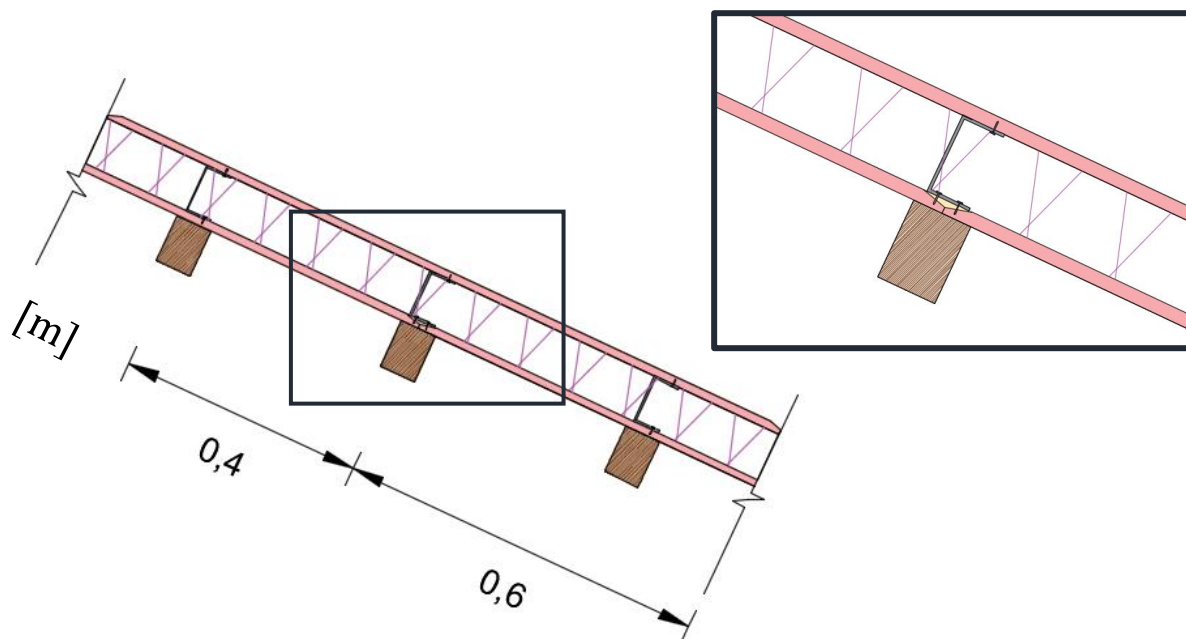


Figura 34 – Corte longitudinal das placas com lã de rocha no interior e à direita o pormenor da junta. Desenho sem escala

○ **Perfis**

Os perfis são a estrutura metálica deste sistema, sem qualquer função estrutural ao nível do edifício, mas apenas de suporte para as placas. É constituído por aço galvanizado do tipo DX51D laminado a frio. A estrutura metálica está disposta longitudinalmente e transversalmente, composta por canais (elementos horizontais) e montantes (elementos verticais). A largura dos perfis, neste caso com 2 placas PPF de 13mm, é de 48mm (Figura 35) sendo a espessura total da divisória igual a 98mm.

Os perfis localizam-se entre as duas placas distanciados de 40 em 40cm na direção longitudinal, como se observa na Figura 34. A cobertura resistirá durante uma hora ao fogo e os perfis apenas entrarão em ignição no momento em que a placa exterior deixar de oferecer estanquidade às chamas e gases.



Figura 35 – Largura da estrutura metálica (em mm). Extraído do catálogo da empresa.

○ **Lã mineral**

A lã mineral é colocada entre as placas e as suas características encontram-se apresentadas na Tabela 9. Esta empresa fornece lã mineral com o nome *arena*, com diversas vantagens de utilização:

- 1) Isolamento térmico e acústico;
- 2) Compactas, flexíveis e facilidade em cortar e adaptar, não permitindo dispersar muito os resultados obtidos em obra e em laboratório;
- 3) Incombustível (Euroclasse A1) e não liberta fumos tóxicos;
- 4) Resistente à humidade;
- 5) Facilidade de armazenamento e transporte;
- 6) Elevados rendimentos de instalação (nível mínimo de desperdício e de pó).

Tabela 9 - Espessura da lã mineral ARENA

Lã mineral ARENA	
Espessura (mm)	90

Como foi mencionado anteriormente, o aumento de espessura do sistema permite obter excelentes benefícios ao nível da resistência ao fogo, nunca diminuindo a sua classificação EI. Nas paredes divisórias originais, a lã mineral tem uma espessura de cerca de 50 mm, sendo insuficiente para este efeito. Assim, é essencial aumentar a espessura para 90mm diminuindo desta forma o coeficiente de transmissão térmica e resistindo assim mais eficazmente ao fogo.

○ **Membrana**

Por fim, sendo uma cobertura inclinada seria prudente colocar uma membrana permeável ao vapor sobre a placa PPF e aparafusada à mesma, funcionando como complemento de estanquidade do telhado. Esta membrana, de espessura reduzida, é normalmente utilizada quando é importante proteger o isolante térmico contra os agentes atmosféricos, mas deixando a cobertura “respirar” sendo permeável ao vapor de água. No entanto, sendo as placas protegidas pelo ripado, contra ripado e, principalmente, pelas telhas, não seria necessário colocar esta membrana pois todo o vapor de água criado pelas placas irá ser conduzido para o exterior e não seria muito relevante numa cobertura com sótão não habitável. Para além disso, a maior parte das membranas existentes no mercado são constituídas por materiais combustíveis que, apesar da sua reduzida espessura, contribuem para a propagação de um incêndio.

Contudo, foi feita uma análise relativamente à colocação de uma membrana permeável ao vapor. Como foi referido anteriormente, um material de classe E ou F não está sujeito ao ensaio de poder calorífico superior. Assim, o facto de um número elevado de membranas ao vapor permeáveis no mercado pertencerem às classes E ou F, não significa que se possa excluir imediatamente esta possibilidade, sendo conveniente verificar o seu poder calorífico superior.

A primeira fase do incêndio reproduz a classe dos materiais. Depois do *flashover*, a evolução de um incêndio é condicionada pela quantidade de material combustível e pela sua taxa de libertação de calor (Lyon *et al.*, 2015), ou seja, o poder calorífico acaba por ter maior relevância nesta fase do que a classe de reação ao fogo.

Neste sentido, foram analisados os materiais mais comuns das membranas permeáveis ao vapor, concluindo que o poliéster é o material com menor poder calorífico superior em relação aos restantes materiais não tendo uma contribuição significativa para a propagação do incêndio. Assim, foi selecionada uma membrana existente no mercado, *Transpir EVO 90* da empresa *Rothoblaas*, com as características apresentadas na Tabela 10. Esta membrana é armazenada em rolo e é constituída por um filme em mistura especial e armadura em poliéster.

Tabela 10 – Características da membrana *Transpir EVO 90*

Características	Valor
Dimensões	1.5mx50m
Espessura	0.3 mm
Classe de reação ao fogo	B-s1,d0
Gramagem	90g/m ²
Poder Calorífico Superior do polímero	23.4 kJ/g
Poder Calorífico Superior	2.106 kJ/m ²

De notar que esta membrana pode ser aplicada nas coberturas. No entanto, por ter uma gramagem muito reduzida, poderá haver dificuldades por parte dos operadores ao colocar o ripado e contra ripado sobre a membrana, sem provocar o rompimento mesma.

Existe também uma membrana resistente ao fogo *Effisus FR* da Classe A2 de acordo com a EN 13501-1, sendo também “permeável ao vapor de água, impermeável à água da chuva e estanque ao vento” (*Effisus*). Para além disto, também oferece uma boa resistência aos raios UV’s. Esta membrana respirável é normalmente utilizada em fachadas, mas pode também ser aplicada na cobertura, segundo os técnicos especializados na área. É uma excelente solução para a cobertura de casas com elevado risco de incêndio visto que atrasa a velocidade de propagação do fogo. A única desvantagem da aplicação desta membrana é a sua reduzida espessura, que torna difícil a sua própria colocação e a posterior implementação do ripado e contra ripado, como já referido anteriormente. A Figura 36 ilustra a referida membrana, cujas dimensões standard (em rolo) são de 1,20x84 m.

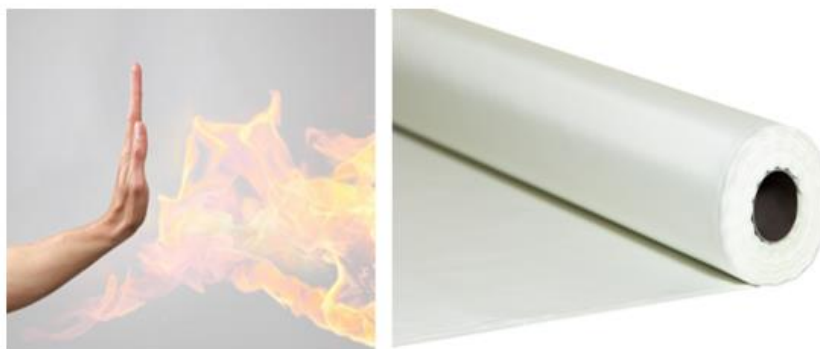


Figura 36 – Membrana resistente ao fogo Effisus FR. Extraído de Effisus.

○ *Considerações finais*

Depois de aplicada a membrana, são colocados o ripado e contra ripado existentes, que consistem no apoio das telhas cerâmicas, de acordo com o processo tradicional. A solução apresentada consiste numa proposta inexistente no mercado em todo o conjunto que inclui a estrutura da cobertura, as divisórias e as telhas. É uma técnica bastante económica e eficaz no que diz respeito à proteção de casas contra o fogo vindo do exterior. O preço da placa PPF de 13mm é de 9,12 €/m², segundo a lista de preços *Saint-Gobain PLACO*, sendo encomendado por paletes de 36 placas. Os perfis são 1,64 €/unidade, paletes 560 unidades. A membrana *Effisus FR* poderá ser uma solução mais dispendiosa, no entanto, é uma membrana com resultados excecionais.

Solução nº2 – Paineis sandwich em lã de rocha

Esta solução, apresentada pela empresa *FTB – Fábrica da Barca*, constitui uma técnica já existente. A Figura 37 ilustra o *Painel Sandwich FTB PC 1000*, composto no núcleo por lã de rocha e duas chapas metálicas. As seguintes informações foram baseadas nos vários catálogos oferecidos pela empresa *FTB – Fábrica da Barca*.

A espessura do sistema pode ser de 50mm adquirindo uma classe de resistência ao fogo EI 45, ou uma espessura de 75mm com uma classe EI 120. Neste contexto, a segunda opção é a mais adequada pois resiste pelo menos 120 minutos ao fogo, logo mais do que uma hora como assinalado nos objetivos deste estudo. A classe de reação ao fogo é A2-s1, d0. De notar que, segundo os especialistas desta empresa, esta classificação pode ser A1 ao invés de A2 se os painéis forem executados diretamente em obra. Neste caso, não é necessário aplicar uma resina epóxi entre as chapas metálicas e a lã de rocha, pousando-as apenas. Assim, os painéis devem ser feitos em obra para uma melhor proteção da cobertura face ao fogo. No entanto, este facto gera mais custos, mas este é um problema que não está no âmbito desta dissertação.

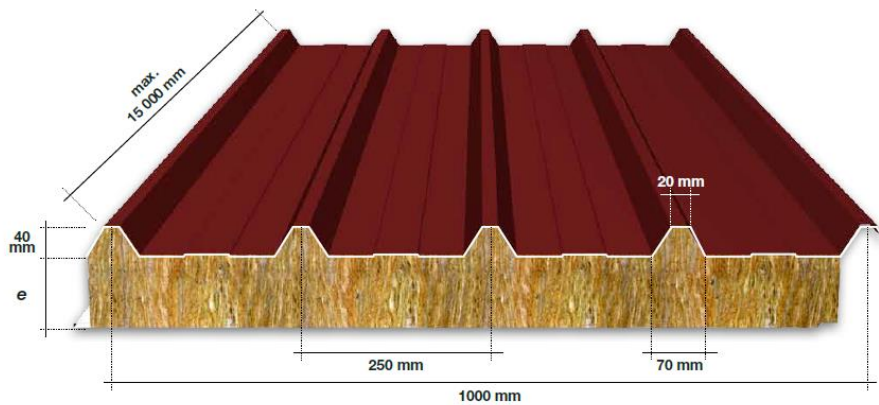


Figura 37 – Painel Sandwich. Extraído do catálogo da empresa.

Os painéis têm uma largura de 1 metro e podem ter um comprimento máximo de 15m. Neste caso, os painéis adotados serão de 1mx2m. Se os painéis fossem pré-fabricados seria também mais prático estas dimensões por facilidade de colocação em obra não sendo necessários meios de elevação. O peso próprio do painel de 75mm é de 17,5 kg/m².

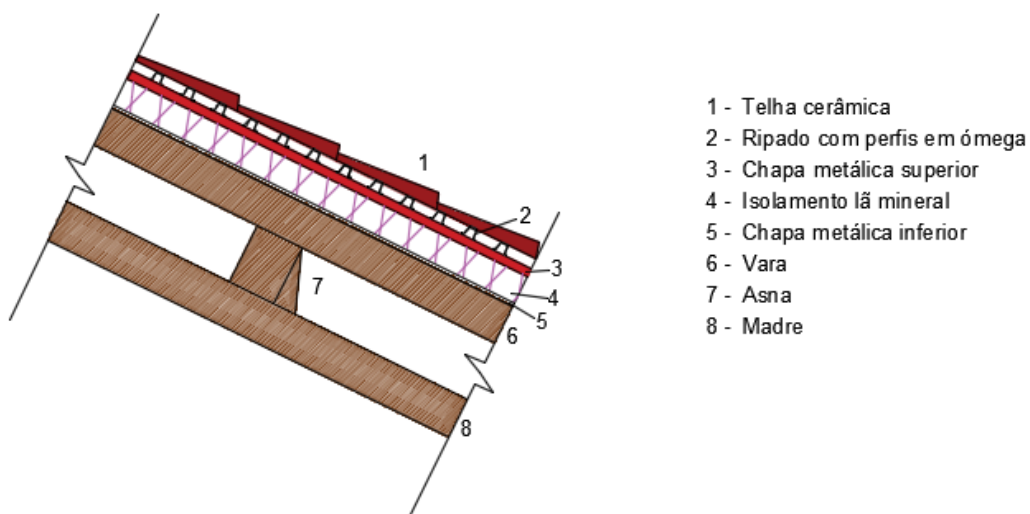


Figura 38 – Corte transversal da cobertura (solução nº2). Desenho sem escala.

Este painel tem diversas vantagens:

1. Ecológico;
2. Resistência mecânica;
3. Isolante térmico e sonoro;
4. Reação e resistência ao fogo.

Neste caso o ripado tradicional será substituído por perfis metálicos com a forma de “ômega” e aparafusados à chapa metálica superior. Por fim, é colocado revestimento em telha cerâmica. A Figura 38 demonstra um corte desta solução, não pormenorizado e sem escala.

As juntas entre painéis devem ser devidamente seladas para impedir a entrada de fagulhas. A empresa já fabrica os painéis tendo em consideração a sua união e, como se apresenta na Figura 39, a forma

da chapa metálica superior de um painel permite facilitar o encaixe com o painel seguinte. Depois é colocado um parafuso com anilha de âncora, de modo a garantir a sua devida fixação.

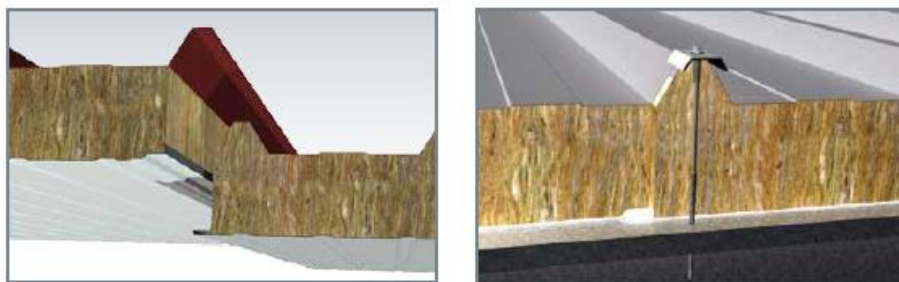


Figura 39 – Pormenor das juntas entre painéis sandwich na direção longitudinal. Extraído do catálogo da empresa

Na direção perpendicular a esta, ou seja, na direção transversal, os painéis são colocados com uma sobreposição mínima de 250mm. Nas zonas de transição entre o painel e outros materiais é também necessário ter em atenção a eficaz selagem. Na cumeeira deverá ser colocada uma chapa metálica, constituída pelo mesmo material da chapa superior do painel, na zona da junta para impedir a entrada de fagulhas e outros elementos. A Figura 40 representa o pormenor da zona de cumeeira.

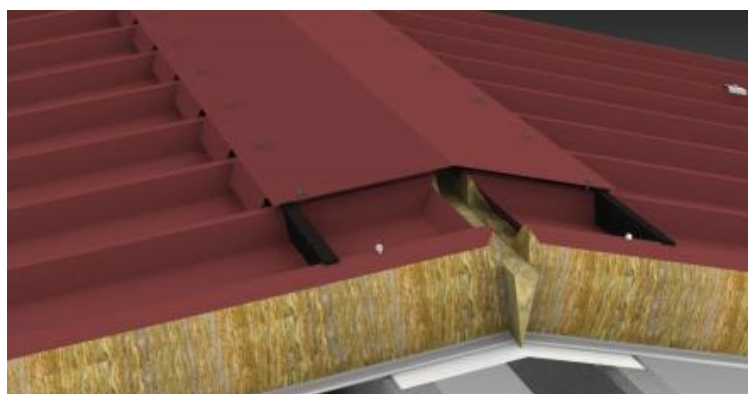


Figura 40 – Pormenor da zona de cumeeira. Extraído do catálogo da empresa

Caso de tratasse de uma cobertura com duas águas, no remate lateral deveria ser colocada uma chapa metálica com lâ de rocha e aparafusada ao painel na face superior e à parede na face lateral, impedindo a entrada de fagulhas. A lâ de rocha neste caso servirá como barreira à entrada de fagulhas na zona A, assinalada na Figura 41, bem como deverá ser colocada uma manta cerâmica na zona B com o mesmo objetivo. Segundo os peritos nesta área, a manta cerâmica é um produto muito leve constituído por fibra cerâmica e é utilizado como isolamento térmico devido à sua elevada resistência ao calor. De notar que, figura representa uma cobertura em terraço apenas para ilustrar os materiais constituintes na zona do remate, embora a solução seja para uma cobertura inclinada. As setas permitem evidenciar a impossibilidade de entrada de fagulhas nas zonas A e B.

Esta solução é também extremamente eficaz e viável para os edifícios industriais (empresas), cuja cobertura é normalmente constituída pela chapa metálica sem o isolamento. Como já foi referido anteriormente, estes edifícios sofreram muitos danos e alguns ficaram mesmo destruídos na totalidade

pelos Incêndios de 2017. Assim, nestes casos, não seria necessário colocar as telhas cerâmicas, mas apenas o painel sandwich representado na Figura 37.

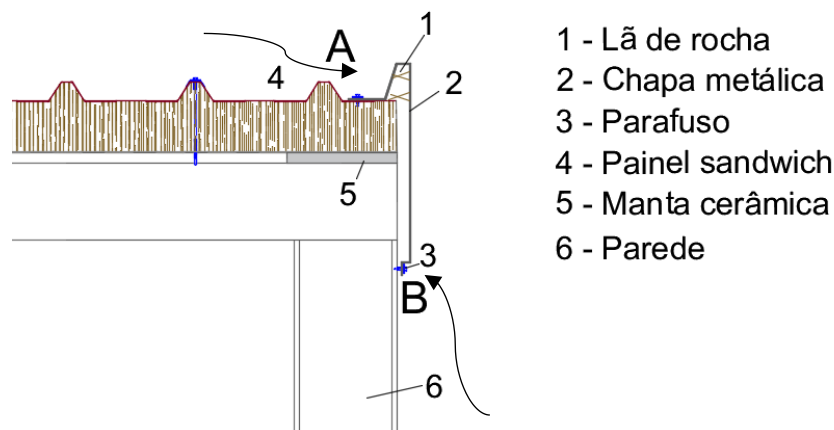


Figura 41 – Pormenor do remate lateral. Adaptado do catálogo da empresa

○ Chapas metálicas

As chapas metálicas standard são constituídas por aço pré-lacado S220GD+Z. O processo de pré-lacagem compreende a galvanização a quente das chapas, processo que confere uma proteção de zinco entre o aço e a lacagem, conferindo mais resistência à corrosão. A chapa superior é perfilada com uma espessura de 0,5mm e a chapa inferior com uma espessura entre 0,4 e 0,5mm. As chapas são galvanizadas com uma gramagem de zinco igual a 140-180 g/m² e pré-lacadas com um revestimento em poliéster com espessura de 25µm.

○ Lã de rocha

A lã de rocha *ROCTERM* trata-se de um material interessante para a proteção ao fogo. Além disso, a fabricação dos produtos *ROCTERM* é feita com 10% de reciclagem. A Tabela 11 apresenta algumas características deste produto.

Tabela 11 – Características da lã de rocha *ROCTERM*

Lã de rocha <i>ROCTERM</i>	
Densidade (kg/m ³)	100
Espessura (mm)	75

○ Considerações finais

Seguido da colocação das chapas metálicas deve ser colocado o ripado e contra ripado para posterior assentamento das telhas cerâmicas, tal como representado na Figura 38. Esta é uma solução viável e selecionada pelos especialistas desta área e com elevada aplicação em edifícios industriais. O preço de um painel EI 120 fica a cerca de 22€/m², sendo acrescidos 10€/m² para a sua instalação.

4.1.1.5. Outras intervenções

Todas as zonas em contacto com o exterior devem estar bem seladas com o auxílio a técnicas que impedem a entrada de fagulhas (apresentadas anteriormente em cada solução). Também é necessário ter em consideração a colocação de uma rede de retenção de fagulhas nas chaminés constituída por fibras de aço, como já foi referido no capítulo anterior.

Nas duas soluções acima descritas é mantida a estrutura da cobertura em madeira. No sentido de proteger a madeira, esta deve levar um tratamento superficial com produtos ignífugos (Brito, 2004), como vernizes e tintas intumescentes. A principal função prende-se em retardar a propagação de um incêndio com a expansão destes produtos em contacto com o fogo. É criada uma camada de proteção que funciona como isolante térmico da madeira.

A correta limpeza e manutenção da cobertura possibilitam a prevenção de eventuais danos que possam surgir. Assim recomenda-se a manutenção todos os anos pelo menos nas áreas com elevado risco de incêndio, antes do período crítico dos fogos, retirando toda a vegetação nos telhados e caleiras.

A ventilação dos elementos da cobertura permite que o vapor de água presente nos materiais seja conduzido para o exterior, adquirindo um equilíbrio de temperatura e humidade. A solução apresentada na Figura 42 faz com que água proveniente das chuvas e das condensações se dissipe. Para tal é importante que o ripado e contra ripado ocupem uma altura de 2 a 4cm para possibilitar a ventilação (Brito, 2014). Estes espaços vazios permitem a entrada de fagulhas, podendo acontecer o deslizamento de telhas. No entanto, o fogo não atravessa para o interior da casa devido à presença dos elementos contínuos recomendados acima - placas com gesso laminado separadas por perfis e lã mineral no interior e os painéis sandwich em lã de rocha.

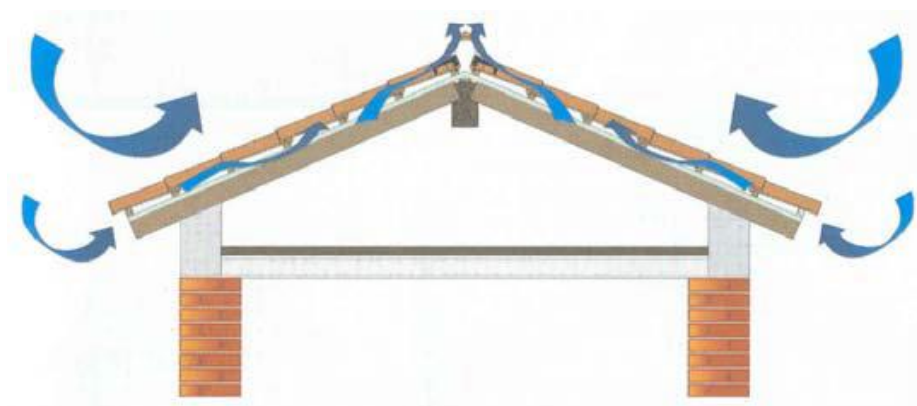


Figura 42 – Ventilação de cobertura. Extraído de Brito, 2014

4.1.2. Vãos

Os vãos (janelas e portas) consistem em aberturas nas paredes dos edifícios às quais são impostos vários requisitos como por exemplo a ventilação, mas, ao mesmo tempo, a proteção contra a intempérie. Estas exigências contraditórias têm revelado um desafio nesta indústria. Estes elementos permitem o contacto do interior com o exterior, a iluminação e a ventilação de uma estrutura. Segundo os questionários realizados, as janelas e portas exteriores foram também pontos importantes de ignição, pelo que importa estudar formas de proteger as casas das faíscas incandescentes de modo a conferir segurança no interior. Nos subcapítulos seguintes são apresentadas as fases da intervenção iniciando com a composição e tipologia dos vãos na casa-tipo, seguido do diagnóstico, as exigências normativas e, por fim, são expostas as técnicas estudadas.

4.1.2.1. Composição e tipologia

As aberturas numa parede, tal como representado na Figura 43, são compostas por:

- **Ombreiras:** parte vertical do vão que sustenta a parte superior (lintel) e onde é colocado o envidraçado;
- **Lintel:** parte superior e horizontal com o intuito de vencer os vãos e assegurar as tensões provenientes da abertura;
- **Peitoril:** utilizado na base horizontal das janelas com função estética;
- **Pingadeira:** Consiste num elemento com uma forma côncava que impede que a água da chuva escorra pela parede. Localiza-se no peitoril da janela;
- **Soleira:** situada na parte inferior horizontal das portas.

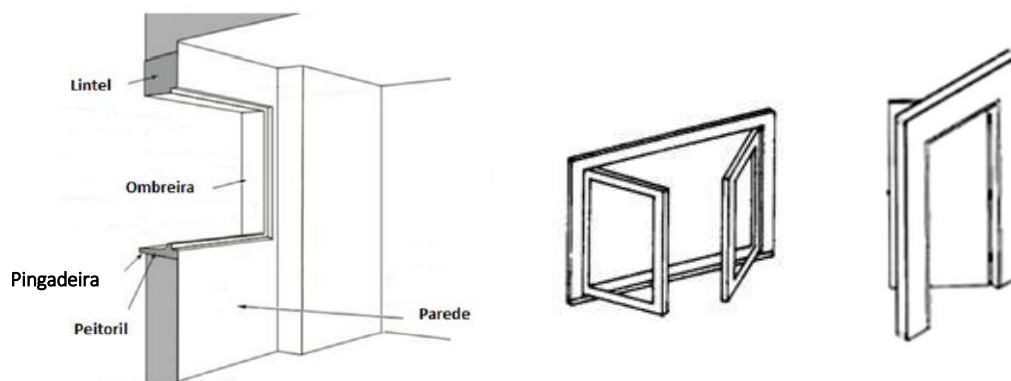


Figura 43 – Composição do vão (à esquerda), janela de batente (ao centro) e porta de batente (à direita). Extraído de Santos, 2012.

As janelas são constituídas por vãos envidraçados cujo termo diz respeito à caixilharia e ao vidro. A caixilharia faz a transição do vidro com o elemento de construção e é uma estrutura que permite a fixação da área envidraçada. É um elemento de elevada importância e com diversas vantagens num edifício, como por exemplo, sustem os painéis de vidro, asseguram a estanqueidade aos agentes

atmosféricos e oferecem benefícios a nível energético, sendo maior ou menor dependendo do tipo de material (Santos, 2012). As janelas da casa-tipo são janelas de batente, ou seja, com dobradiças nos eixos verticais e abertura para o interior, como se ilustra na Figura 43 ao centro. A porta exterior da casa-tipo, Figura 43 à direita, é uma porta de batente, que roda apenas segundo um eixo vertical e com abertura para o interior.

4.1.2.2. Diagnóstico

Tal como nas coberturas, não existe propriamente uma anomalia neste caso, mas sim a ausência de técnicas de prevenção contra os incêndios florestais.

4.1.2.3. Exigências normativas

Segundo a Portaria nº1532/2008 a reação ao fogo das caixilharias e estores não deverá ser mais desfavorável que D-s3,d0, classe que depende da altura do edifício. Os produtos com esta classificação têm uma elevada combustão ao fogo, alta produção de fumos, mas sem gotículas ou partículas inflamadas. Aos elementos transparentes (vidros) corresponde uma classe mínima de C-s2,d0. A Figura 44 pretende apresentar a reação ao fogo das fachadas, caixilharias e estores.

QUADRO III

Reacção ao fogo de revestimentos exteriores sobre fachadas, caixilharias e estores

Altura «H»	Fachadas sem aberturas	Fachadas com aberturas	
	Revestimentos	Revestimentos e elementos transparentes	Caixilharia e estores ou persianas
H ≤ 28 m	D-s3 d1	C-s2 d0	D-s3 d0
H > 28 m	C-s3 d1	B-s2 d0	C-s3 d0

Figura 44 – Reação ao fogo de revestimentos exteriores sobre fachadas, caixilharias e estores

As portas e portadas corta-fogo e os respetivos dispositivos de fecho podem ter as classes de resistência ao fogo expostas na figura seguinte segundo o Decreto-Lei nº.224/2015 (RJ-SCIE), sendo a classe desejável neste caso no mínimo EI 60, como se verifica em destaque na Figura 45.

Aplicação: Portas e portadas corta-fogo e respetivos dispositivos de fecho «incluindo as que comportem envidraçados e ferragens»

Normas: EN 13501-2; EN 1634-1

Classificação	Duração «em minutos»									
	15	20	30	45	60	90	120	180	240	-
E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EI	15	20	30	45	60	90	120	180	240	-
EW	-	20	30	-	60	-	-	-	-	-

Figura 45 – Resistência ao fogo de portas e portadas corta-fogo e respetivos dispositivos de fecho

4.1.2.4. Técnicas de proteção

Como já foi referido anteriormente, os envidraçados correspondem à caixilharia e vidros. As exigências normativas relativamente à caixilharia são, de facto, muito fracas no contexto de incêndio florestal. A utilização de caixilharias mais estanques ao fogo de alumínio e vidro duplo é uma solução que poderá “amortecer” a propagação de um incêndio vindo do exterior, mas não é suficiente, para além da caixilharia em alumínio ser termicamente não viável. A substituição ou não dos envidraçados é algo que deverá ser tido em consideração no sentido de eficiência energética da casa, não se inserindo no âmbito da problemática em estudo. Há ainda a possibilidade de aplicar vidros corta-fogo, porém estes têm os seus inconvenientes, como por exemplo a elevada espessura (cerca de 25mm), serem muito dispendiosos e ainda em termos estéticos pois para aplicar numa habitação não são apropriados. Assim, sugerem-se de seguida técnicas de proteção aos fogos florestais que vão ao encontro da salvaguarda destes componentes, ou seja, mantendo os vãos existentes sem ter necessariamente de substituí-los.

Estores exteriores e portadas

As persianas ou estores exteriores de alumínio foram de extrema importância para impedir a entrada de fagulhas nos incêndios de Pedrógão Grande (Viegas *et al.*, 2017), pelo que se sugere a sua implementação. Apesar de serem elementos para gerir a iluminação no interior de uma casa, no contexto de proteção ao fogo seriam uma mais valia. As portadas e persianas são soluções possíveis e relativamente económicas para colocar no exterior de janelas e portas. O objetivo seria que no momento em que os habitantes tivessem conhecimento da presença de um incêndio florestal nas proximidades, poderiam baixar as persianas ou fechar as portadas garantindo segurança em casa. Para tal, é necessário efetuar um estudo relativamente aos materiais utilizados em portadas e persianas e que sejam resistentes ao fogo.

Tabela 12 – Temperatura de ignição do Alumínio e PVC. Adaptado de Santos, 2012

Material	Temperatura de ignição (°C)
Alumínio	1000
PVC	450

Os estores exteriores mais comuns são constituídos por alumínio ou PVC. O alumínio é um metal não-inflamável, não emite gases e fumo e não propaga faíscas. O PVC é um plástico com fraca resistência ao fogo e facilidade em deformar com o calor (Santos, 2012). Na Tabela 12 verifica-se as temperaturas de ignição de ambos os materiais, sendo a do PVC bastante mais baixa que a do alumínio. Ou seja, em situação de incêndio o alumínio tem melhor comportamento face aos estores de PVC.

As persianas de alumínio são efetivamente as que oferecem maior resistência ao fogo. As persianas de alumínio com um isolante térmico no interior também são uma solução com diversas vantagens não

só porque garantem melhores condições de isolamento térmico e acústico, mas também asseguram maior resistência mecânica e durabilidade.

Segundo os técnicos associados a esta especialidade, não é possível colocar gesso ou lã de rocha no interior de persianas, devido às exigências de espessura das persianas (normalmente é cerca de 8 a 10mm). Mas hoje em dia existe a possibilidade de injetar espuma de poliuretano como representado na Figura 46, à esquerda. Estes estores (Persax) são constituídos por lâminas verticais de alumínio termolacado, com elevada resistência contra os agentes exteriores, e por espuma de poliuretano. O poliuretano é normalmente um material inflamável, mas já existe no mercado uma espuma de poliuretano B1 da Den Braven corta-fogo (Figura 46, à direita), que retarda a propagação das chamas, fumo e gases tóxicos. Segundo a ficha técnica deste produto (Den Braven), pode resistir até 60 minutos em cavidades até 20mm.



Figura 46 – Corte das ripas de um estore de alumínio com poliuretano no interior (à esquerda) e espuma de poliuretano corta-fogo (à direita). Extraído de Persax e Den Braven.

No caso de falta de eletricidade, as persianas teriam que estar diretamente ligadas a geradores ou devem ser de funcionamento manual.

Outra solução seria a implementação de portadas de alumínio, sem reentrâncias (aberturas entre as lâminas muito frequentemente utilizado). Os técnicos especializados nesta área afirmam que não existe nenhuma portada no mercado em que seja possível colocar lã de rocha ou gesso, devido à reduzida espessura das portadas. No entanto, apesar de não existir no mercado sugere-se o aumento de espessura das portadas de alumínio, de modo a ser possível colocar lã de rocha no seu interior, criando-se assim uma barreira ao fogo. Logo, recomenda-se a utilização de uma espessura da lã de rocha entre 15mm (mínimo) e 30mm. A introdução da espuma de poliuretano anti-fogo acima mencionada no interior das lâminas das portadas seria também uma possível solução, mantendo deste modo a espessura corrente.

Em relação às portas, uma porta exterior consiste numa passagem do interior para o exterior ou vice-versa, portanto pode estar em contacto direto com o fogo. Sendo aberturas com cerca de 1,30 m², torna-se essencial proteger estes elementos. Assim, a solução passa por implementar as mesmas técnicas referidas para as janelas, embora com uma altura adequada às dimensões da porta. Ou seja,

estores exteriores e portadas ambos constituídos por alumínio e lã de rocha ou espuma de poliuretano anti-fogo no seu interior.

Portas corta-fogo

A colocação de uma porta que assegure a segurança contra o fogo, pelo menos durante 60 minutos, é uma solução que, apesar de ser mais cara do que a aplicação de portadas e persianas, acaba por ser uma hipótese viável e muito eficaz. Existem portas mais económicas (cerca de 300€) mas esteticamente menos agradáveis compostas essencialmente por folhas de aço galvanizado e no interior isolamento em lã de rocha. Também existem portas mais agradáveis esteticamente, mas muito mais dispendiosas (cerca de 800€). Apresentam-se de seguida os dois tipos de portas, ambas da empresa GOSIMAT, bem como as características gerais de cada uma. De notar que, a presença de lã de rocha no interior destas portas corta-fogo é, mais uma vez, de elevada importância visto ser um material incombustível.

○ *Porta de segurança POWER*

É uma porta com características de corta-fogo EI 60, para além de conferir segurança. O pré-aro, que neste caso é constituído por aço eletrozincado, é a moldura que se coloca no vão de uma porta durante a construção, sendo posteriormente aplicado o aro e a porta. A porta de segurança POWER da *Figura 47*, é composta por (GSDOORS, 2017):



- 1- Pré-aro e aro;
- 2- Três ómeças de reforço;
- 3- Dobradiças;
- 4- Tranca frontal inferior e superior;
- 5- Estrutura de aço eletrozincado;
- 6- Visor grande-angular;
- 7- Limitador de abertura;
- 8- Fechadura de alta segurança;
- 9- Revestimento em painéis fenólicos;
- 10- Placa de gesso;
- 11- Revestimento em lã de rocha.

Figura 47 – Porta de segurança POWER. Extraído de GSDOORS, 2017.

Trata-se de uma porta com elevada rigidez, muito utilizada em zonas de alto risco de arrombamento, mas também com resistência ao fogo de 60 minutos. A propagação de um incêndio para o interior torna-se assim difícil, garantindo a segurança no interior.

O revestimento pode ser composto por folhas de madeira, painéis fenólicos ou painéis lacados com cor à escolha. As folhas de madeira estão obviamente fora de questão por serem muito combustíveis. Os painéis fenólicos são constituídos por lâminas de papel *Kraft*, impregnadas com resinas fenólicas

através de um processo de alta pressão. Segundo os técnicos da área, o revestimento em painéis fenólicos é uma solução interessante pois estes painéis possuem um bom comportamento ao fogo, com uma temperatura de ignição de 400°C, que pode ser superior com o auxílio de retardadores de chama na superfície. São painéis quase incombustíveis, mas produzem fumos e libertam calor. No entanto, estes painéis estão em contacto com o exterior pelo que, em princípio e com a existência da estrutura de aço eletrozincado, não afetará o interior com gases produzidos em contacto com as chamas. A utilização do revestimento em painéis fenólicos garante também excelentes resultados ao nível de resistência aos agentes atmosféricos e permitem elevada durabilidade. Os painéis apenas lacados são mais sensíveis por não assegurarem a elevada proteção que os anteriores conferem.

○ *Porta corta-fogo MAGMA*

Esta é uma porta mais simples do ponto de vista das próprias características, com resistência ao fogo EI 60 ou EI 90. Constituída por duas chapas de aço galvanizado, zincado antes da lacagem, e cujo interior é composto por lã de rocha. O acabamento pode ser lacado a branco, Figura 48. A largura que a porta pode ter é de 800mm, 900mm, 1000mm ou 1100mm, a altura é de 2050mm ou 2150mm e a espessura de cerca de 60mm (GSDOORS, 2017). Esta porta pode ou não conter uma barra antipânico, sendo que neste contexto não é viável aplicar este acessório pois o objetivo não é que as pessoas saiam de casa.



Figura 48 – Porta corta-fogo com acabamento lacado a branco. Extraído de GSDOORS, 2017.

A porta corta-fogo *MAGMA* tem as características necessárias a aplicar nesta problemática, no entanto apresenta diversos inconvenientes como a estética e o facto de não conter características de segurança e de resistência à intempérie. Contudo, os especialistas na área dizem ser uma porta com características necessárias para ser colocada no exterior, sendo a sua resistência ao fogo muito elevada visto que a lã de rocha está presente ao longo de toda a altura e largura da porta.

4.2. Conceção de casas novas com proteção

Este subcapítulo surge no contexto da construção nova de uma estrutura, neste caso, do tipo I (habitacional), que proteja a população no interior durante, no mínimo, uma hora. São avaliados os materiais constituintes e as técnicas a utilizar em elementos estruturais e não estruturais de modo a evitar a propagação de um incêndio florestal para o interior de uma casa. Muitas das soluções apresentadas serão as mesmas que foram expostas nos subcapítulos anteriores, embora algumas sejam diferentes não sendo sujeitas às exigências de uma reabilitação. Neste capítulo são estudados métodos construtivos de paredes não estruturais exteriores, cobertura e vãos, por serem os elementos constituintes de uma estrutura que mais influenciam a vulnerabilidade da mesma face ao fogo. A questão das paredes exteriores não foi estudada no subcapítulo anterior, mas é exposta no presente subcapítulo por estar em contacto com o exterior e, sendo construção de raiz, torna-se mais simples implementar uma solução que resista ao fogo. Os restantes elementos estruturais não são objeto de estudo nesta problemática.

Em primeiro lugar, importa definir a estrutura. Trata-se de uma estrutura em pórtico de betão armado, sendo as vigas, pilares e lajes constituídos por betão armado. Como já foi mencionado anteriormente, o betão armado é uma mistura de materiais e possui elevada resistência ao fogo, pelo menos até este ter contacto com as armaduras. Sendo assim, é um material essencial para aplicação em construção de raiz nas zonas de maior risco de incêndio.

4.2.1. Paredes exteriores

Como se verificou anteriormente, as paredes não foram os principais elementos a iniciar a ignição. No entanto, a maior parte da área exterior de uma estrutura são as paredes exteriores, que fazem a ponte entre o interior e o exterior devendo, por esta razão, ser construídas de modo a impedir a propagação de um incêndio. As principais exigências funcionais das paredes exteriores são: impermeabilidade à chuva, isolamento térmico e acústico, permeabilidade ao vapor de água, durabilidade, estabilidade e excelente comportamento face ao fogo.




As paredes exteriores não estruturais podem ser (Flores *et al.*):

1. Paredes de terra crua (adobe e taipa);
2. Paredes de alvenaria de pedra;
3. Paredes de madeira;
4. Painéis pré-fabricados;
5. Paredes de alvenaria de tijolo;
6. Paredes de blocos de betão.

As três primeiras são muito raramente utilizadas hoje em dia em paredes exteriores, por não garantirem certos requisitos de funcionalidade. As paredes de painéis pré-fabricados têm diversos inconvenientes como a difícil aplicação e o elevado peso associado, por isso também são pouco usadas.

As paredes de blocos de betão são paredes mais dispendiosas (Flores *et al.*), constituídas por betão normal, leve ou celular, mas todas com excelente comportamento face ao fogo. É uma parede frequentemente aplicada em garagens ou edifícios industriais. De seguida são apresentadas as principais vantagens e inconvenientes destas paredes (Tabela 13).

Tabela 13 – Vantagens e inconvenientes de paredes de blocos de betão. Adaptado de Flores et al.

Paredes de blocos			
	Betão normal	Betão leve	Betão celular
			
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> - Resistência à compressão - Resistência ao fogo - Bom isolamento acústico 	<ul style="list-style-type: none"> - Bom isolamento térmico - Leve - Resistência ao fogo 	<ul style="list-style-type: none"> - Bom isolamento térmico e acústico - Resistência ao fogo (material incombustível) - Resistência mecânica - Leve e durável - Facilidade em abrir roços
Inconvenientes	<ul style="list-style-type: none"> - Peso próprio elevado - Alta absorção da humidade - Baixo isolamento térmico - Dificuldade em abrir roços 	<ul style="list-style-type: none"> - Baixo isolamento acústico - Dificuldade em abrir roços - Baixa resistência ao choque - Alta absorção da humidade - Preço elevado (mão-de-obra especializada) 	<ul style="list-style-type: none"> - Preço elevado (mão-de-obra especializada)

Como se verifica, tanto os blocos de betão normal como de betão leve possuem inconvenientes ao nível dos requisitos térmicos ou acústicos, respetivamente. Quanto aos blocos de betão celular, o principal inconveniente é o facto de ser muito dispendioso, mas as suas características são efetivamente muito favoráveis. A parede de blocos de betão consiste numa técnica interessante do ponto de vista do comportamento ao fogo, mas deve ser apenas aplicada em situações específicas.

A solução constituída por paredes de alvenaria de tijolo cerâmico furado é a mais utilizada na construção atualmente. Trata-se de um método mais barato, com elevada resistência ao fogo (tal como os blocos de betão) e eficaz ao executar em paredes exteriores não estruturais. Podem ser simples (constituídas por um pano), duplas (dois panos) ou mistas (alvenaria de pedra e tijolo), dependendo das exigências de cada obra. Neste caso, a aplicação de uma parede de alvenaria dupla de enchimento é a solução mais adequada, sendo uma das técnicas mais resistentes ao fogo (composta por materiais incombustíveis). Neste sentido é de seguida apresentada esta solução e os seus materiais constituintes.

As paredes de alvenaria de tijolo cerâmico são compostas por tijolo maciço, furado ou perfurado e por argamassa de assentamento. No caso de se tratar de uma parede dupla, é adicionado o isolamento. Podem ser portantes ou de enchimento, sendo as primeiras destinadas a paredes com função estrutural. Neste caso, não se consideram apenas paredes de enchimento sendo uma estrutura habitacional sem elevadas exigências funcionais e constituída por uma estrutura em pórtico de betão armado cujos pilares e vigas asseguram a resistência estrutural, logo, as paredes não necessitam de função estrutural. As paredes simples são normalmente utilizadas em paredes interiores divisórias, enquanto que as paredes duplas são mais frequentemente utilizadas como paredes exteriores, por cumprirem os requisitos higrotérmico e acústico de uma fachada. Assim, recomenda-se a aplicação de paredes duplas de enchimento constituídas por dois panos de tijolo furado, argamassa de assentamento, caixa-de-ar e isolamento.

4.2.1.1. Exigências normativas

A Especificação do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC, 1990) impõe espessuras de paredes de alvenaria de tijolo, de acordo com a classe de resistência ao fogo, como se pode verificar na Tabela 14. Sendo neste estudo exigido pelo menos uma hora de proteção das pessoas no interior de uma estrutura, encontra-se destacado na mesma Tabela a espessura da parede que deverá ser de 11cm e 7cm, sem revestimento e com revestimento, respetivamente. No entanto, os panos de alvenaria dupla de tijolo devem ter uma espessura igual ou superior a 11cm (Brito, 2014). Poderão ser assumidas espessuras de classes superior a EI 60, garantindo assim mais tempo em segurança, situação sempre favorável.

Relativamente ao isolamento, este também tem uma espessura mínima em cm prevista no (RCCTE) Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios, a qual depende da zona climática de Inverno. A Figura 49 indica as diferentes zonas climáticas de inverno de Portugal, bem como as espessuras mínimas de isolamento, sendo neste caso correspondente à coluna assinalada referente à parede dupla de tijolo.

Tabela 14 – Resistência ao fogo de paredes de tijolos furados. Extraído de LNEC, 1990.

Resistência ao fogo de paredes de tijolos furados cerâmicos		
Classes	Espessura mínima da parede (cm)	
	Sem revestimento	Com revestimento
EI 30	7	7
EI 60	11	7
EI 90	15	11
EI 120	22	15
EI 180	22	22

De modo a ter em consideração a situação mais condicionante, foi considerada a zona climática I3, com um isolamento de 6 a 8cm.

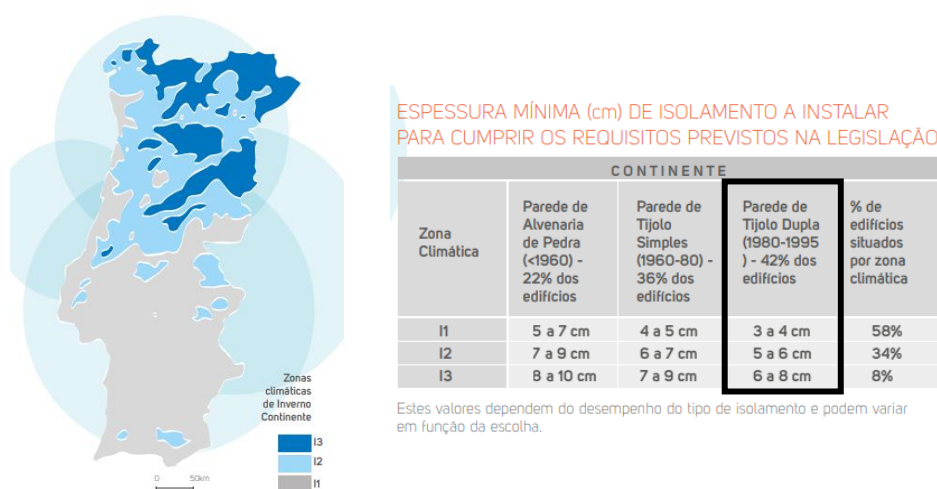


Figura 49 – Espessura do isolamento de acordo com a zona climática. Extraído de Adene, 2016.

4.2.1.2. Características dos materiais constituintes

○ Tijolos cerâmicos

Os tijolos são materiais cerâmicos cujo processo de fabrico passa pela cozedura de matérias-primas naturais (maioritariamente argilas) a elevadas temperaturas. Podem ser tijolos maciços, de furação horizontal, perfurados, de furação vertical sem encaixe ou de furação vertical com encaixe (Correia *et al.*, 2003). Neste caso, o formato adotado é o de furação horizontal sendo o mais frequentemente utilizado na construção em paredes não estruturais. As paredes exteriores são então constituídas por dois panos de tijolos cerâmicos de furação horizontal, de dimensões 30x20x11 (cm), peso de 4.0-6.0 (kg) e resistência à compressão de 2.8-5.2 (MPa) (Correia *et al.*, 2003). De notar que, ao utilizar tijolos

de 11cm é garantida a resistência ao fogo durante 90 minutos. As dimensões dos tijolos de furação horizontal encontram-se representadas na Figura 50.

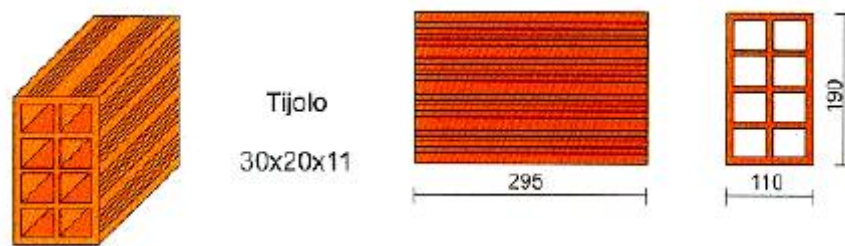


Figura 50 – Tijolos furados 30x20x11. Extraído de Correia et al., 2003.

Os materiais cerâmicos têm uma enorme vantagem em relação a outros materiais, que é o fato de serem incombustíveis, classe A1.

○ **Argamassa de assentamento**

O tipo de argamassa de assentamento determina o funcionamento de uma parede, sendo o componente que interliga os tijolos. Deve ter resistência à compressão, aderência e capacidade para absorver as deformações (Correia et al., 2003). As argamassas de assentamento são constituídas por areia, ligantes (normalmente cimento), adições, água e adjuvantes e colocadas na betoneira pela ordem indicada. Deve ser executada a amassadura para, posteriormente, ser aplicada a argamassa antes da presa. Neste caso, será aplicado cimento por ter melhor comportamento ao fogo.

○ **Caixa-de-ar**

As caixas-de-ar são “zonas vazias” entre os dois panos de tijolos com uma espessura de 4-5cm. O principal propósito deste espaço é proteger a parede das condensações e da água proveniente das chuvas, permitindo o escoamento das águas (Correia et al., 2003). Para além disso deve ser ventilada através de orifícios localizados no pano exterior de cada andar, na base da parede e na parte superior (Correia et al., 2003). Na base da caixa-de-ar deve ser instalada uma caleira no alinhamento dos orifícios de drenagem, guiando, desta forma, as águas filtradas para os tubos de drenagem, como se verifica na Figura 51.

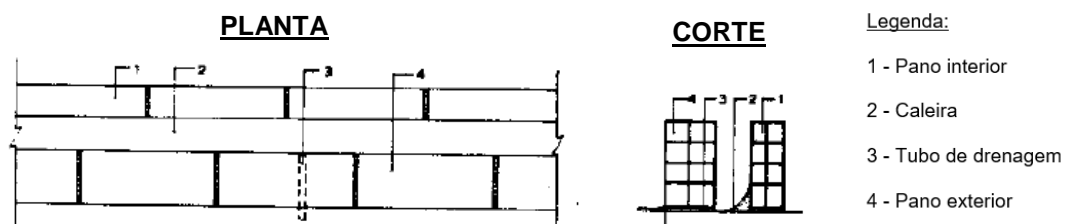


Figura 51 – Representação da primeira fiada de uma parede dupla. Adaptado de Correia et al., 2003

○ *Isolamento*

O isolamento pode ser colocado na caixa-de-ar, pelo exterior ou pelo interior. Neste caso será adotado o isolamento térmico pelo exterior, apesar de ser mais dispendioso, por ser a solução mais eficaz pois corrige as pontes térmicas reduzindo as condensações interiores. Colocar o isolamento no interior da caixa-de-ar também poderia ser uma solução, no entanto é difícil garantir que os isolamentos não sejam afetados pelas humidades. O isolamento pelo interior é uma solução já muito pouco utilizada por criar problemas de condensação. O isolamento térmico pelo exterior também é uma solução viável no contexto de reabilitação, por ser facilmente aplicável na face da parede exterior.

Considerando a zona climática mais condicionante (I3), seria necessária uma espessura de isolamento de 6 a 8cm. Neste caso, o material aconselhado para o exterior seria a lã de rocha, por ser um material incombustível.

4.2.1.3. Técnicas construtivas

Solução Weber

Esta solução denominada por *Sistema weber.therm Comfort* trata-se de uma técnica muito recente no mercado que consiste em colocar placas de lã de vidro como isolamento térmico exterior, garantindo um bom isolamento acústico e resistência ao fogo. A Figura 52 pretende ilustrar o sistema em estudo, com a respetiva legenda.

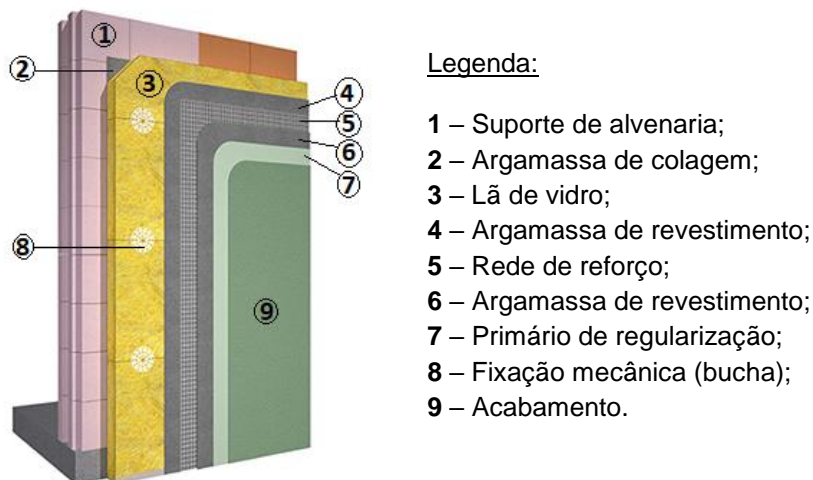


Figura 52 – Componentes da parede com isolamento pelo exterior (Solução Weber). Adaptado de Weber, 2018.

O suporte deve apresentar uma superfície plana e sem poeiras, para posteriormente colocar a argamassa que conecta a lã de vidro à alvenaria. A lã de vidro é um material composto por fibra de vidro com classe de reação ao fogo A2-s1, d0. Apresenta um isolamento acústico de 60 dB, numa parede de tijolo cerâmico com isolante de 8cm. A espessura deste material pode ser de 40, 60, 80, 100

e 120mm, sendo fornecido em placas de 1,2x0,6. Neste caso foi adotada uma espessura no mínimo de 80mm, tal como explicito na Tabela 15.

Tabela 15 – Espessura da lâ de vidro Sain-Gobain Isover. Adaptado de Weber, 2018.

Lã de vidro <i>Saint-Gobain Isover</i>	
Espessura (mm)	80

O sistema global com todos os componentes foi testado ao fogo e permite uma reação B-s1,d0, ou seja, ligeiramente mais baixa que a lâ de vidro isolada devido à presença de argamassas de revestimento e ao próprio acabamento.

Em algumas situações são colocadas membranas de impermeabilização de revestimentos de fachadas. Esta é normalmente utilizada para controlar as humidades devido às diferenças de temperatura do interior para o exterior, garantindo a proteção dos revestimentos. Como já foi referido anteriormente, existe uma membrana Effisus FR de classe A2 que é normalmente utilizada em fachadas e com propriedades de resistência ao fogo. Esta membrana pode ser aplicada neste caso imediatamente após o suporte.

Por fim, conclui-se que o *Sistema weber.therm Comfort* também pode ser utilizada no contexto de reabilitação, não afetando o interior do edifício.

4.2.2. Cobertura

Relativamente à cobertura em construção de raiz, são de seguida apresentadas duas técnicas construtivas a aplicar para proteger as casas face aos fogos florestais. A primeira consiste na estrutura de uma cobertura inclinada e a segunda trata-se de uma técnica de cobertura em terraço.

4.2.2.1. Cobertura inclinada

A estrutura da cobertura desta solução corresponde a uma laje que, ao invés de ser horizontal, é inclinada acompanhando o telhado com pendente. Trata-se de uma solução estrutural não tradicional pré-fabricada e constituída por abobadilhas cerâmicas, vigotas pré-esforçadas e betão complementar. De notar que os materiais são de elevada resistência ao fogo, embora os cabos de aço no interior das vigotas terem fortes possibilidades de perder as suas características ao entrarem em contacto com elevadas temperaturas, não sendo aconselhável que tal aconteça (Machado *et al.*). Assim, é necessário garantir um recobrimento das vigotas relativamente elevado de modo que as armaduras não sejam afetadas. Na Tabela 16 encontram-se descritas as vantagens e inconvenientes desta solução.

Tabela 16 – Vantagens e inconvenientes de lajes com vigotas pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas. Adaptado de Machado et al.

Vantagens	Inconvenientes
Bom isolamento térmico	Isolamento acústico
Elevada resistência ao fogo	Funciona apenas numa direção, por isso, fraco comportamento sísmico
Aligeiramento da estrutura	Requerem impermeabilização de alta qualidade
Fácil e rápido	Transporte difícil
Reduzida mão-de-obra e cofragens	

A Figura 53 representa um corte longitudinal da cobertura constituída por:

- Vigotas de betão C35/45 e cabos de aço pré-esforçado;
- Abobadilhas compostas por blocos cerâmicos vazados e apoiadas nos banzos das vigotas;
- Betão complementar C20/25, com armadura de distribuição;
- Membrana de impermeabilização corta-fogo Effisus FR, aparafusa à laje;
- Isolamento térmico em lã de rocha, cuja necessidade prende-se no facto do último piso ser habitável.

Como já foi referido anteriormente, o revestimento exterior de coberturas inclinadas (telhas cerâmicas) deve ser C-s2, d0, no mínimo.

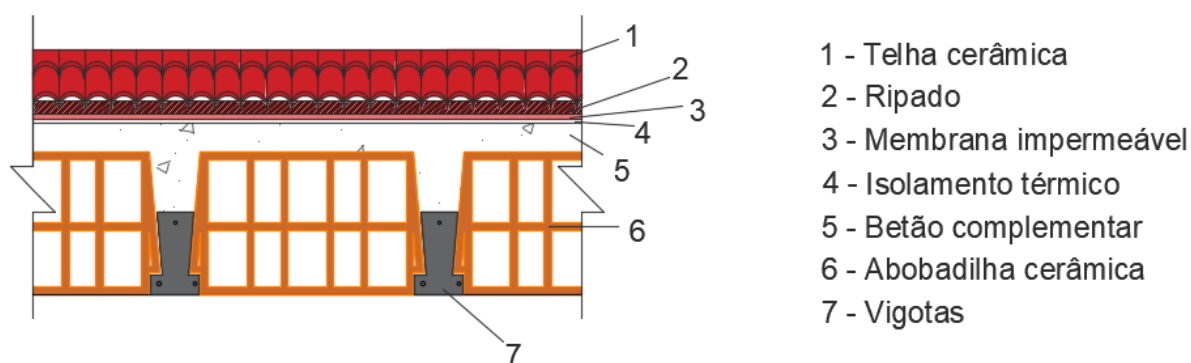


Figura 53 – Corte na direção longitudinal da cobertura inclinada. Desenho sem escala.

São também colocados tarugos perpendiculares à direção das vigotas, afastados no máximo 2m e com espessura de 10cm, cujo objetivo é contraventar nesta direção. Estes são preenchidos por betão e 2 varões de aço acima dos cabos nas vigotas (Machado et al.). De notar que, deverá ser colocada uma viga de coroamento constituída por betão armado, em todo o perímetro da cobertura, de modo a permitir a correcta betonagem da cobertura inclinada e também para evitar o deslizamento das abobadilhas e vigotas.

Outra solução também possível e menos dispendiosa, mas também menos eficaz, é a colocação de uma laje de betão armado inclinada. Esta seria apenas constituída por betão, material incombustível, e armaduras de aço para resistência à tração. É requerido um elevado recobrimento para as armaduras se encontrarem devidamente protegidas e envolvidas pelo betão, não permitindo contacto com as chamas em caso de fogo. Por cima da laje, tal como verificado na Figura 53 será colocada uma membrana de impermeabilização, o isolamento térmico e o ripado em madeira ou outro material, onde são apoiadas as telhas cerâmicas.

4.2.2.2. Cobertura em terraço

A segunda solução consiste em implementar uma cobertura em terraço com um sistema de comando. Este sistema, que será explicado detalhadamente mais à frente, permite que, na presença de um incêndio, os habitantes dentro de casa possam pressionar um botão ligado à cobertura que adiciona água. Neste caso, a laje horizontal que constitui o terraço será composta também por vigotas, abobadilhas e betão complementar.

Em primeiro lugar importa descrever uma cobertura em terraço, a qual compreende diferentes elementos dispostos “quase” horizontalmente. É necessária uma ligeira pendente para escoar águas pluviais e de lavagem, com uma inclinação mínima de 2%, segundo o LNEC. Uma cobertura em terraço deve garantir, essencialmente, estanqueidade, conforto térmico em todas os períodos do ano e segurança. Segundo o Artigo 8.º da Portaria 1532/2008 são exigidas aos elementos da estrutura das coberturas em terraço que satisfaçam a resistência ao fogo padrão REI. As coberturas em terraço podem ser acessíveis ou não acessíveis, dependendo do tipo de uso em questão. Neste caso pretende-se que a cobertura seja acessível e o sótão habitável.

Existem várias opções de organização das diferentes camadas, contudo é recomendada a seguinte solução (Figura 54). De notar que esta é uma solução de cobertura invertida, onde é colocado o isolamento térmico sobre o revestimento de impermeabilização, protegendo-o e evitando o choque térmico e a sua própria degradação.

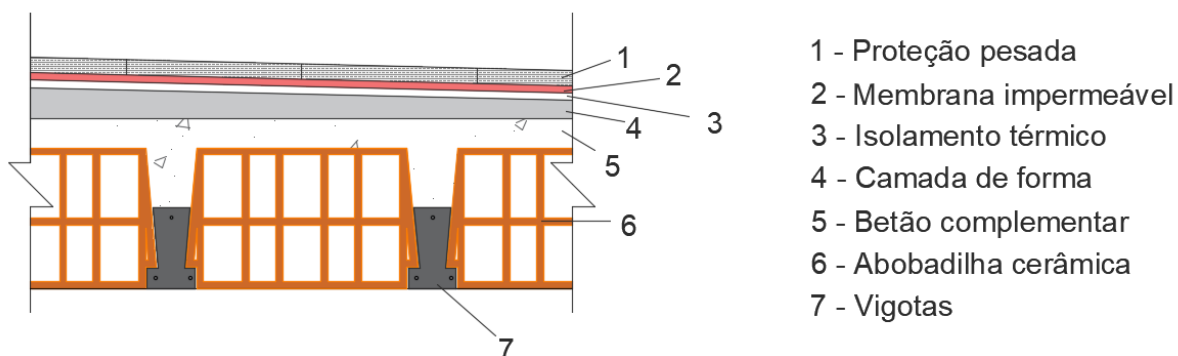


Figura 54 – Corte na direção longitudinal da cobertura em terraço. Desenho sem escala.

A estrutura da cobertura é igual à da cobertura inclinada (Figura 53) por ser a melhor solução que assegura a resistência ao fogo. Os elementos constituintes são os seguintes Seródio *et al.*:

- Laje que corresponde à estrutura resistente da cobertura constituída por vigotas, abobadilhas cerâmicas e betão complementar;
- Camada de forma, a qual é apenas necessária se a laje não for executada previamente com inclinação. Esta camada confere a pendente da cobertura e situa-se por debaixo da membrana de impermeabilização e do isolamento. Neste caso é aconselhado aplicar a camada de forma com betão leve com argila expandida ou com betão celular, por serem materiais incombustíveis;
- Revestimento de impermeabilização constituído pela membrana de impermeabilização Effisus FR aparafusada à camada de forma. Também poderão ser colocadas telas de borracha EPDM – Liners, pois são fáceis de colocar e possuem elevada resistência a altas temperaturas. Seja qual for o revestimento é importante conferir um adequado remate periférico de modo a não causar fissuração e infiltrações. Neste caso, como a platibanda será em betão é conveniente colocar um rufo metálico sobre a junta, entre o revestimento e a platibanda, para evitar a entrada de água;
- Isolamento térmico em lã de rocha;
- Proteção pesada aconselhada quando se trata de terraços acessíveis. Podem ser aplicados mosaicos hidráulicos, protegendo o isolamento térmico dos agentes atmosféricos.

Como em qualquer cobertura, é importante conferir uma boa drenagem, evitando que a água escoe para dentro do edifício e que seja uma sobrecarga muito elevada na cobertura. Para tal, são normalmente colocados os seguintes elementos:

- Ralos: impedem a acumulação e passagem dos detritos sólidos, evitando entupimentos;
- Algerozes: são caleiras exteriores com ligeira inclinação que permitem a recolha e condução de água;
- Tubos de queda: são os tubos que encaminham a água até aos coletores prediais;
- Tubos-ladrão: é utilizado para prevenção, no caso de entupimento, dos algerozes e ralos.

Neste caso, será considerada uma cobertura em terraço com duas pendentes, permitindo o escoamento para os dois ralos e posteriormente para os dois tubos de queda. No final da execução da cobertura em terraço é conveniente realizar um ensaio de carga, de modo a testar não só a impermeabilização, mas também a sustentação da cobertura relativamente à sobrecarga provocada pela água.

A drenagem é um processo muito importante para o sistema de comando acima mencionado. No caso de construção de raiz é relativamente simples implementar este sistema, visto que não será necessário

interferir com uma situação já existente. A Figura 55 pretende ilustrar a sequência inerente ao processo de sistema de comando, onde se encontram esboços sem escala que ilustram de um modo simples esta solução. Note-se que foi adotada uma habitação com 150m² em planta.

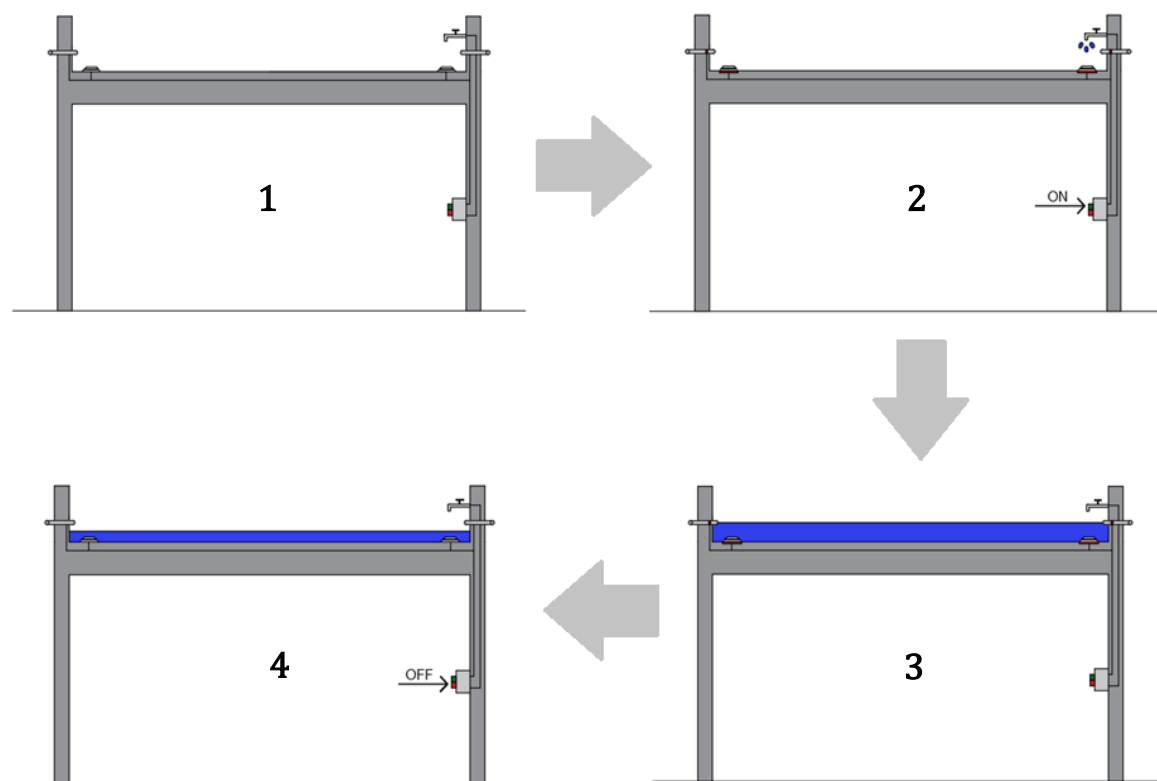


Figura 55 – Sequência do procedimento do sistema de comando proposto.

Esta é uma solução constituída por dois sistemas: um sistema mecânico e elétrico composto por válvulas e um sistema hidráulico. O primeiro é o que comanda os tubos-ladrão e ralos, cortando a passagem de água assim que se pressiona o botão de comando. O sistema hidráulico pode ser comandado pelo interior da casa ou manualmente através da torneira e em caso de avaria. De notar que este sistema é de extrema importância para pessoas com mobilidade reduzida por exigir fácil acesso ao botão que comandará todo o sistema. Na Figura 56 pretende-se ilustrar os elementos constituintes do sistema de comando.

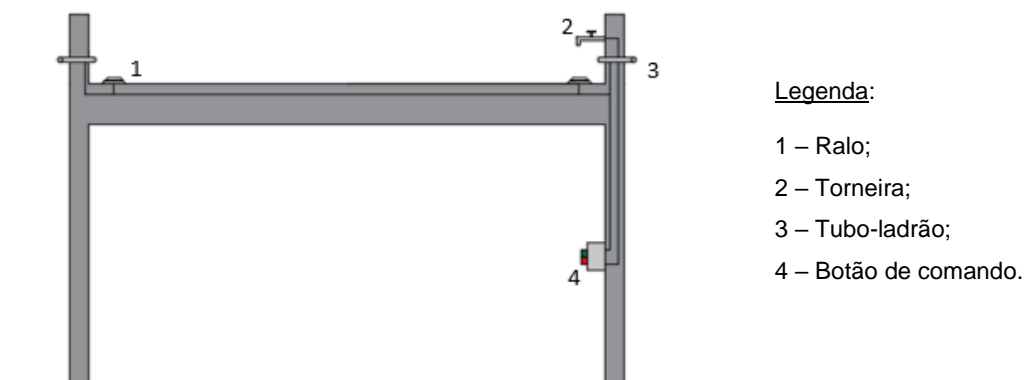


Figura 56 – Esquema do primeiro passo do sistema de comando

Ambos os sistemas deverão ser executados simultaneamente, à exceção de quando a torneira sofre uma avaria. Neste caso, esta poderá ser ativada manualmente na cobertura em terraço. A água proveniente desta torneira deverá ser apenas destinada para este propósito acima descrito, sendo de “combate a incêndios”.

O segundo passo representa o momento em que é iniciado este processo, ativando diretamente a abertura da torneira e interrompendo a circulação de água nos ralos e tubos-ladrão. Na figura seguinte, em baixo, (passo nº3) já se verifica uma lâmina de água sobre o terraço. A quantidade de água necessária para que as fagulhas não iniciem a ignição depende da dimensão do terraço (área = 150m²) e da impermeabilização da cobertura. Assume-se que uma altura de 2 cm de água é o suficiente para as fagulhas pousarem sobre a água sem prejudicar a estrutura da cobertura. Assim, para um caudal de, por exemplo, 750 l/min, corresponde cerca de 4 minutos para cobrir toda a área do terraço com 2cm de altura. Na altura em que o incêndio estiver dominado e as chamas forem extintas, pode-se desligar o sistema de comando (passo nº4). No caso de estruturas com chaminés, terá que ser aplicada a rede de retenção de fagulhas mencionada no Capítulo 3.

Este sistema tem diversas vantagens como:

- Garantir a segurança no interior da habitação;
- Facilidade de acesso;
- Proteção da cobertura aos fogos, criando uma “piscina” no terraço, mas não interferindo com os elementos de drenagem;
- Extremamente eficaz.

A principal desvantagem do sistema relaciona-se com o caso de avaria da torneira, em que será necessário abrir manualmente na cobertura. No entanto, seja uma cobertura acessível ou não, terá sempre que ser garantido o acesso para efeitos de manutenção. Se não houver eletricidade, este também será um inconveniente, visto que é necessário prever o funcionamento manual ou com o auxílio de um gerador. Estas soluções para a cobertura asseguram a proteção da mesma, mas podem ter custos elevados associados, embora não sejam considerados nesta dissertação.

4.2.3. Vãos

As soluções de vãos em construção nova são as mesmas referidas anteriormente (4.1.2), ou seja, implementação de estores exteriores, portadas e porta corta-fogo.

Relativamente aos envidraçados, estes correspondem à caixilharia e vidros, e as exigências normativas mencionadas anteriormente relativamente à caixilharia são, de facto, muito fracas no contexto de um incêndio (D-s3,d0). A utilização de caixilhariias mais estanques ao fogo e com vidro duplo é uma solução interessante para evitar a propagação de um incêndio vindo do exterior. Neste caso, visto que o vidro

é a parte mais vulnerável de uma janela (pois no caso de se partir causa um amplo acesso do incêndio diretamente para o interior da casa) deverão, de qualquer forma, ser colocados estores/portadas.

A caixilharia pode ser constituída por madeira, ferro/aço, alumínio ou PVC (termoplástico). A madeira não apresenta boa reação ao fogo e o ferro/aço são raramente utilizados em caixilharia hoje em dia. O PVC não é recomendado por libertar gases tóxicos em caso de incêndio e de revelar sensibilidade a temperaturas acima dos 80°C (Brito, 2005). Desta forma, apresentam-se de seguida as vantagens e inconvenientes mais relevantes da caixilharia de alumínio (Tabela 17).

Tabela 17 – Vantagens e inconvenientes da caixilharia de alumínio. Adaptado de Brito, 2005.

ALUMÍNIO	
Vantagens	Inconvenientes
Leve e resistente	Mau isolamento térmico
Preço reduzido quando comparado	Mau isolamento acústico
Estanqueidade ao ar e água	Tendência para condensações
Bom comportamento contra os agentes atmosféricos	Elevado consumo energético no fabrico (embora hoje em dia já seja possível utilizar reciclados)
Baixa manutenção	
Não inflamáveis	

Em relação ao vidro, recomenda-se a implementação de vidro duplo composto por duas lâminas de vidro separadas por uma caixa-de-ar entre 8 a 25mm, cujas vantagens remetem para o nível térmico e acústico (Brito, 2005). Para além disso, sugere-se os vidros temperados que são vidros submetidos a um tratamento térmico especial e destacam-se pela sua elevada resistência mecânica e térmica, tolerando altas temperaturas. Mais uma vez, poderiam ser utilizados vidros corta-fogo, mas para o tipo de utilização deste estudo, não é aconselhável.

Em suma, recomenda-se a aplicação de caixilharia em alumínio com vidro duplo, utilizando de qualquer forma estores exteriores ou portadas em alumínio no exterior para a adequada proteção ao fogo.

4.3. Proteção de aldeias isoladas

Como já foi mencionado anteriormente, a maior parte dos incêndios ocorreram em casas localizadas em aldeias isoladas e rodeadas de vegetação, verificando-se, em algumas situações, o fogo a cercar a aldeia. Nestes casos, ao invés de reabilitar ou construir de raiz todas as casas de uma aldeia, existem mais duas soluções que se recomendam de seguida no sentido de proteger não só as pessoas, mas

também os animais. Assim sendo, nos casos em que não é possível aplicar nenhuma das intervenções acima descritas, os habitantes das aldeias têm que evacuar as suas casas para se puderem salvar.

A primeira solução, já existente em algumas aldeias, consiste na introdução de um simples tanque em betão. Este tanque pode ter uma capacidade para todos os habitantes ou poderão existir vários tanques em diferentes pontos de fácil acesso da aldeia. Deverá ter uma estrutura ligada à cobertura composta por um painel sandwich como o mencionado acima (*Solução nº2 – Painel sandwich em lã de rocha*), de modo a assegurar que as fagulhas não interfiram com as pessoas. O tanque deverá ser preenchido totalmente com água.

A outra solução, possivelmente mais eficaz, é construir duas estruturas semelhantes para a proteção de pessoas e animais. Estas estruturas terão que possuir elevada capacidade de modo a garantir a segurança de todas as pessoas e animais de uma aldeia e deverão estar localizadas numa zona de fácil acesso no centro da aldeia.

As características da estrutura são as mesmas referidas, mas em larga escala. Neste caso é mais fácil de executar uma cobertura em terraço tendo em consideração as elevadas dimensões. Consiste numa estrutura em betão armado, cuja presença de vãos poderá ser evitada, visto que se trata de um ponto sensível ao fogo. Caso sejam necessárias janelas, poderão ser utilizados os vidros corta-fogo mencionados anteriormente, com caixilharia em alumínio. No entanto, não só a estrutura necessita de ventilação, mas também de um ou dois pontos de entrada/saída de pessoas/animais. As portas deverão ser corta-fogo, com abertura para dentro e barra anti-pânico de modo garantir o fácil e rápido acesso. Na estrutura destinada aos animais, deverá ser aplicado um portão corta-fogo com maior largura.

De notar que as duas estruturas têm de ser separadas e de acordo com as respetivas necessidades básicas tanto dos animais, como dos seres humanos. A estrutura em estudo deverá estar ocupada no Inverno com outras carências, mas no período de calor é necessário garantir que a mesma esteja vazia de forma a ser possível o ajuste de todos os habitantes no seu interior.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os espaços florestais representam 2/3 do território português, sendo de enorme importância a sua preservação. Os incêndios florestais têm sido ocorrências muito frequentes em Portugal no período seco, causando enormes impactos não só nas zonas florestais, mas também nas comunidades. A excessiva proximidade dos espaços urbanos com a vegetação é um problema sem resolução, visto ser impossível criar barreiras entre ambos. No entanto, é pertinente referir o tema da gestão de combustíveis, em que é obrigatório por lei até ao dia 15 de Abril de todos os anos criar uma faixa de proteção de 50m desde a fachada. Contudo, não é necessariamente obrigatório existir contiguidade entre estas zonas para iniciar ignição numa estrutura, uma vez que a propagação de fagulhas com a ação do vento pode ser de 2km desde as chamas até às estruturas. Tal significa que o problema não está apenas na reduzida distância entre espaços urbanos e florestais, mas também nos próprios materiais e nas técnicas construtivas inerentes às estruturas. Assim, a lei não resolve o problema na totalidade, pois não inclui a presença de fagulhas.

Em Portugal existe legislação de proteção no que diz respeito aos incêndios nos edifícios, onde o fogo é iniciado no interior das estruturas. No entanto, relativamente aos incêndios cuja ignição ocorre no exterior, não há praticamente leis que obriguem a utilização de técnicas e materiais diferentes. Uma das principais dificuldades que surgiu no decorrer do trabalho relaciona-se com a escassez de informação sobre este tópico.

Para definir um grande incêndio florestal importa analisar as suas informações principais (duração, local, velocidade das chamas, intensidade, etc.), causas e as consequências desse incêndio. Os grandes incêndios florestais de Pedrógão Grande e 15 de Outubro marcaram a história de Portugal pelos impactos que criaram. Importa, por isso, a elaboração deste estudo no qual são referenciados os principais métodos de proteção das comunidades para que no futuro haja uma redução dos efeitos destas ocorrências. De notar que é quase impossível garantir 100% de proteção, porque nem todas as situações são iguais, mas o âmbito deste estudo abrange as circunstâncias em que é possível pelo menos reduzir o impacto trágico que aconteceu nos incêndios acima mencionados.

Em primeiro lugar foram estudadas as características das casas afetadas e quais as causas da ignição, com o intuito de criar dados estatísticos que permitam comprovar as hipóteses apresentadas. Para tal, recorreu-se a questionários enviados às Câmaras Municipais dos concelhos afetados pelos dois incêndios e a uma entrevista com os Bombeiros de Aveiro. Concluiu-se essencialmente que a maior parte das estruturas que arderam totalmente eram constituídas por alvenaria de pedra e estrutura da cobertura em madeira, que a ignição se iniciou na cobertura em cerca de 85% dos casos, sendo as janelas e portas também um importante ponto de ignição, e que a propagação de fagulhas foi uma das principais causas de incêndio nas casas. Estes resultados estatísticos, embora tenham sido os

esperados, correspondem a erros associados pela simples generalização de 12 concelhos para todos os casos possíveis.

De salientar que este trabalho tem uma particularidade que o diferencia dos outros estudos já realizados. Para além do facto do foco ser incêndios do exterior para o interior, com a presente dissertação pretende-se que os residentes permaneçam nas suas habitações durante pelo menos uma hora (tempo médio de passagem do fogo), ao invés de evacuarem a estrutura. Esta foi uma das condições do trabalho, visto que houve muitas pessoas nos incêndios de 2017 que não se sentiram seguras no interior das suas habitações, abandonando as mesmas e causando o seu falecimento. Por outro lado, também ocorreram casos em que as pessoas de mobilidade reduzida permaneceram em casa, acabando por falecer no seu interior em resultado da combustão do edifício.

Descrevem-se as medidas de proteção contra os incêndios florestais para as zonas com maior risco de incêndio, onde foi realizado um estudo com principal foco em casas existentes, construção de raiz e aldeias isoladas. O método utilizado foi o estudo das casas ardidas com auxílio a relatórios, inquéritos e uma entrevista, bem como o contacto com várias empresas que forneceram informações sobre os seus produtos sendo posteriormente efetuado uma análise da viabilidade das soluções apresentadas.

Relativamente às casas existentes, foi criada uma casa tipo com características semelhantes às casas que arderam nos fogos de 2017 de modo a uniformizar o estudo. O objetivo deste subcapítulo consistiu em investigar a proteção das casas existentes, sem ter que alterar muito significativamente a estrutura. A primeira solução proposta para a cobertura, com o apoio da empresa *Isover Saint-Gobain*, consistiu numa técnica extremamente simples, eficaz e económica, onde são aplicadas placas de gesso laminado separadas por perfis e lã mineral no interior. A outra solução (*FTB – Fábrica da Barca*), também aplicada na cobertura, corresponde a uma solução composta por painéis sandwich em lã de rocha e duas chapas metálicas. Ambas as técnicas definem uma barreira entre o exterior e o interior e garantem a segurança durante pelo menos uma hora, assegurando a estanqueidade às chamas, ausência de emissões de gases inflamáveis e o isolamento térmico. O principal inconveniente da primeira solução é que não foi testada em laboratório no seu conjunto, ou seja, com o revestimento da cobertura e a estrutura de madeira. Comparando as duas soluções, a primeira é mais económica e a segunda é normalmente mais utilizada em edifícios industriais. Também devem ser aplicadas técnicas de proteção para as janelas, com o auxílio de portadas ou estores exteriores com espuma de polietileno que garantem a proteção das janelas, sem ter que intervencionar os elementos já existentes. Em relação às portas, podem ser utilizados os mesmos métodos ou colocar portas corta-fogo, embora este último método seja mais dispendioso.

No que diz respeito à construção nova, foram analisados os seguintes elementos: paredes exteriores, cobertura e vãos. Neste subcapítulo foram estudadas a aplicação de materiais e técnicas construtivas mais recentes. No caso das paredes exteriores, refletiu-se sobre os seus materiais constituintes, onde se optou por tijolos cerâmicos por serem incombustíveis e para o isolamento exterior foi proposta uma

técnica de construção, fornecida pela *Weber*. Esta é uma solução com resultados muito positivos em relação à resistência ao fogo e com uma classe de reação de B-s1, d0. Para a cobertura inclinada recomenda-se a implementação de lajes que compreendem a estrutura da cobertura, compostas por vigotas de betão pré-esforçadas e abobadilhas cerâmicas por ser uma solução muito eficaz face ao fogo. Também foi estudada a solução de cobertura em terraço, no qual se encontra incorporado um sistema hidráulico e mecânico. A estes sistemas compete a abertura de uma torneira no terraço que é ativada por ação humana assim que o fogo está nas proximidades e tapados os elementos de drenagem. Com este método, as fagulhas não terão hipótese de atingir a estrutura devido ao seu desaparecimento ao entrar em contacto com a água. Admitiu-se uma lâmina de água de cerca de 2cm de altura para evitar que as fagulhas iniciem a ignição, demorando cerca de 4 minutos, dependendo obviamente da área do terraço e do caudal da torneira. Também foram estudadas soluções para os vãos, sendo essencialmente as mesmas sugeridas para as casas existentes, mas com caixilharia de alumínio com vidros duplos.

No seguimento destes dois subcapítulos importa salientar que na construção de raiz há maior flexibilidade de aplicação de materiais, pois nas casas existentes é fundamental não intervencionar demasiado. Refere-se ainda que a utilização de materiais como a lã de rocha é essencial para o bom funcionamento face ao fogo.

Em aldeias isoladas são recomendadas soluções bastante eficazes no sentido de proteger as pessoas e os animais. Podem ser criados tanques com água ou estruturas com as características como as sugeridas para casas novas, sendo um local de abrigo para toda a população ou animais da aldeia.

De notar que são criadas soluções que garantem a segurança no interior das habitações. No entanto, no caso das aldeias isoladas é recomendado que as pessoas abandonem as suas próprias casas criando uma casa abrigo para o aglomerado populacional. Tal facto faz sentido nestas aldeias não só por questões monetárias, mas também para que os bombeiros tenham mais tempo de extinguir as chamas até estas causarem impactos significativos.

Por fim, é necessário referir que neste trabalho não foi realizada uma análise económica, o que se considera como uma das principais limitações. Outro inconveniente é o facto de muitos incêndios provocarem a falha de eletricidade em vários locais, fazendo com que seja necessário prever um gerador nas casas. Em termos de recomendações futuras, sugere-se essencialmente a prevenção dos incêndios alertando a população dos principais procedimentos tendo em consideração aquilo que foi apresentado neste trabalho. É necessário avisar a população a ter sempre lanternas em casa, por exemplo, em caso de falha de luz.

Com o trabalho desenvolvido na presente dissertação, espera-se contribuir para um melhor entendimento da questão em estudo, alertando para a importância deste tema. As recomendações feitas ao longo do trabalho poderão surgir como referência a futuros projetos mais detalhados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adene** – Agência para a energia, *Isolamento de Paredes*, <https://www.sce.pt/wp-content/uploads/2017/11/10see-01-isol-paredes-1.pdf>, Outubro de 2016;
- Aldeias do Xisto**, Património – Conhecer a Aldeia, <https://aldeiasdoxisto.pt/aldeia/alvaro>, consulta em Março de 2018;
- Anastácio, R.**, *Especificação de proteção fogo para estruturas de madeira*, dissertação de mestrado em engenharia civil – especialização em construções civis, FEUP, 2010;
- Appleton, J.**, *Verificação da segurança para a ação do fogo* – Dimensionamento de Estruturas de Betão de acordo com os Eurocódigos, 2012;
- ASMAA** – ALGARVE SURF AND MARINE ACTIVITIES ASSOCIATION, *Lista de Concelhos afectados pelos fogos de Outubro 2017*, <http://www.asmaa-algarve.org/en/news/noticias/lista-de-concelhos-afetados-pelos-fogos-de-outubro-2017>, 15 de Outubro de 2017, consultado Novembro de 2017;
- Barros, R. S., Oliveira, D. V., Varum, H.**, *Tipologias e Principais danos observados em construções de Xisto*, 2009;
- Brito, J.**, *Diagnóstico, Patologia e Reabilitação de construção em madeira*, Apontamentos da cadeira de Patologia e Reabilitação da Construção (Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico), 2004;
- Brito, J.**, *Diagnóstico, Patologia e Reabilitação de revestimentos de coberturas inclinadas*, Apontamentos da cadeira de Patologia e Reabilitação da Construção (Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico), 2004;
- Brito, J.**, *Caixilharias*, Apontamentos da cadeira de Reabilitação não-estrutural de edifícios (Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico), 2005;
- Brito, J., Flores, I.**, *Diagnóstico, Patologia e Reabilitação de construção em betão armado*, Apontamentos da cadeira de Patologia e Reabilitação da Construção (Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico), 2005;
- Brito, J., Flores, I.**, *Diagnóstico, Patologia e Reabilitação de construção em alvenaria de pedra*, Apontamentos da cadeira de Patologia e Reabilitação da Construção (Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico), 2004;
- Brito, J., Flores, I.**, *Diagnóstico, Patologia e Reabilitação de construção em alvenaria de tijolo*, Apontamentos da cadeira de Patologia e Reabilitação da Construção (Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico), 2004;
- Butler, C. P.**, *The urban/wildland fire interface*. Em Proceedings of Western States Section/ Combustion Institute papers, vol. 74, no. 15. May 6-7. Spokane, WA (USA): Pullman, WA: Washington State University, 1974;
- Calkin, D. E., Cohen, J. D., Finney, M. a, & Thompson, M. P.**, *How risk management can prevent future wildfire disasters in the wildland-urban interface*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 111(2), 746–51, 2014;

- Coelho, A.**, *As exigências de reação e resistência ao fogo da legislação de segurança ao incêndio para os produtos da construção*, Proteção passiva contra incêndio – Open Day, sede da APSEI (Sacavém), LNEC, 2016;
- Cohen, J. D.**, *The wildland-urban interface fire problem: A consequence of the fire exclusion paradigma*. Forest History Today, (Fall), 20–26, 2008;
- Cohen, J. D.**, Preventing disaster: Home ignitability in the wildland-urban interface. Journal of the Forestry – pp. 15-21, 2000;
- Correia, J., Brito, J.**, *Paredes de alvenaria de tijolo de barro vermelho* - Apontamentos da cadeira de Construção de edifícios (Mestrado Avançado em Construção e Reabilitação, Instituto Superior Técnico), 2003;
- Den Braven**, FIREPROTECT ESPUMA PU MANUAL B1, <https://www.denbraven.com/pt-pt/produtos/tipo-de-produto/espumas-poliuretano/den-braven-fireprotect-espuma-pu-manual-b1/>, consultado em Novembro de 2018;
- Effisus**, <https://effisus.com/en/effisus-solutions/facade-solutions/effisus-fr-membrane/>, consultado Novembro de 2018;
- Extingue incêndios**, *Classificação dos extintores de incêndio*, <http://www.extingueincendio.com.br/classificacao-dos-extintores-de-incendio/>, 12 de Maio de 2015, consultado em Setembro de 2018;
- Fernandes, M.**, *Verificação da resistência ao fogo de estruturas de betão com base nos métodos simplificados do EC2 – Parte 1-2*, dissertação de mestrado em engenharia civil – especialização em estruturas, FEUP, 2008;
- Ferreira-Leite, F., Bento-Gonçalves, A., Lourenço, L.**, *Grandes incêndios florestais em Portugal Continental: da história à atualidade*. Cadernos de Geografia nº 30-31, Coimbra, FLUC – pp. 81-86, 2012;
- Flores, I., Ferreira, V., Gaspar, F., Santos, S., Oliveira, F., Cravinho, A., Gomes, J., Serrado, D., Cabaça, S., Lourenço, P.**, *Paredes*, Apresentação Power Point da cadeira de Patologia e Reabilitação da Construção (Mestrado Integrado em Engenharia Civil). Instituto Superior Técnico;
- Forestry Canada Fire Danger Group**, *Development and structure of the Canadian wildland fire behavior prediction system*. Information Report ST-X-3. 63p, 1992;
- FTB – Fábrica da Barca**, Catálogos da empresa;
- Gollner, M. J., Hakes, R., Caton, S., Kohler, K.**, *Pathways for Building Fire Spread at the Wildland Urban Interface*, Department of Fire Protection Engineering, University of Maryland, 2015;
- Graham, R., Finney, M., McHugh, C., Cohen, J., Calkin, D., Stratton, R., Bradshaw, L., Nikolov, N.**, *Fourmile canyon fire findings*. USDA Forest Service - General Technical Report RMRS-GTR, 2012;
- GSDOORS**, *Catálogo Portas & Aros*, Design solutions by Gosimat, 2017;
- Guerreiro, J., Fonseca, C., Salgueiro, A., Fernandes, P., Lopez Iglésias, E., de Neufville, R., Mateus, F., Castellnou Ribau, M., Sande Silva, J., Moura, J. M., Castro Rego, F. e Caldeira, D. N.**, *Avaliação dos incêndios ocorridos entre 14 e 16 de outubro de 2017 em Portugal Continental*, CTI - Comissão Técnica Independente, Relatório Final. Assembleia da República. Lisboa. 274 pp., 2018;

- ICNF**, Departamento de Gestão de Áreas Públicas e Proteção Florestal, *Relatório provisório de incêndios florestais*, http://www2.icnf.pt/portal/florestas/dfci/Resource/doc/rel/2017/9-rel-prov-1jan-16out-2017_v2.pdf, 17 de Outubro de 2017;
- IPMA**, Risco Incêndio – Índice de Risco de Incêndio Florestal – RCM, <https://www.ipma.pt/pt/enciclopedia/otempo/risco.incendio/index.jsp?page=iri.florestal.xml>, consultado em Agosto de 2018;
- Isover Saint-Gobain**, Catálogos da empresa;
- Jornal de Negócios**, *Grandes incêndios de 2017 afectaram 10 mil empregos*, <https://www.jornaldenegocios.pt/economia/detalhe/grandes-incendios-de-2017-afectaram-10-mil-empregos>, 15 de Janeiro de 2018 às 09:33, consultado em Março de 2018;
- Jornal Expresso**, *As histórias de quem morreu, de quem sobreviveu, mapas interativos, imagens de drone, opinião, reações: o fogo que põe Portugal de luto*, <http://expresso.sapo.pt/sociedade/2017-06-18-As-historias-de-quem-morreu-de-quem-sobreviveu-mapas-interativos-imagens-de-drone-opinio-reacoes-o-fogo-que-poe-Portugal-de-luto#gs.TL6ocq0>, 18 de Junho de 2017 às 16h45, consultado em Março de 2018;
- Les Essentiels de l’Habitat**, N.º 6 *Introduction la sécurité incendie*, Édition 2016, <http://www.construireavecsaint-gobain.fr/se-former/les-essentiels-de-lhabitat/>, consultado em Outubro de 2018;
- LNEC**, Laboratório Nacional de Engenharia Civil – E-364 - *Segurança contra Incêndio. Resistência ao Fogo de Elementos da Construção. Métodos de Ensaios e Critérios de Classificação*. Lisboa, LNEC, 1990;
- Lourenço, L., Fernandes, S., Bento-Gonçalves, A., Castro, A., Nunes, A., Vieira, A.**, *Causas de incêndios florestais em Portugal Continental: análise estatística da investigação efectuada no último quinquénio (1996 a 2010)*. Cadernos de Geografia nº 30-31, Coimbra, FLUC – pp. 61-80, 2012;
- Lourenço, L.**, *Riscos Ambientais e Formação de Professores (Actas da VI Jornadas Nacionais do Prosepe*. Colectâneas Cindínicas VII, Projeto de Sensibilização e Educação Florestal e Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais e Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, Coimbra, 223p., 2007;
- Lyon, R., Janssens, M.**, *Polymer Flammability*, U.S. Department of Transportation – Federal Aviation Administration, <https://www.fire.tc.faa.gov/pdf/05-14.pdf>, consultado em Outubro de 2018, 2015;
- Machado, R., Lopes, F., Brito, J., Correia, J.**, *Estruturas pré-fabricadas de Edifícios*, Apresentação *Power Point* da cadeira de Tecnologia da Construção de Edifícios (Mestrado Integrado em Engenharia Civil). Instituto Superior Técnico;
- Manzello, S. L., Park, S. H., Cleary, T. G.**, *Investigation on the ability of glowing firebrands deposited within crevices to ignite common building materials*. Fire Safety Journal, 44(6), 894–900. <http://doi.org/10.1016/j.firesaf.2009.05.001>, 2009;
- Oliveira, F.**, *Resistência ao fogo de alvenarias sem função estrutural*, Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), 2014;

- Paulo, P., Brito, J.,** *Classificação e descrição geral das soluções de revestimentos de coberturas inclinadas em edifícios* - Apontamentos da cadeira de Tecnologia da Construção de edifícios (Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico), 2001;
- Persax,** Persiana Perfilada Micralum 39, <https://www.persax.pt/persianas-isolamento/persiana-perfilada-micralum-39-241001>, consultado em Novembro 2018,
- Pires, C.,** Comandante CBV Aveiro Velhos, *O Papel da Sociedade como agente ativo de Proteção Civil*, Apresentação Power Point Jornadas 2017 Cmdt C Pires., 2017;
- Real, P.,** *Proteção passiva de estruturas metálicas em situação de incêndio – a importância do conhecimento da temperatura crítica*, Universidade de Aveiro / Proteger 2016 (5ª conferência de segurança), 2016;
- RTP Notícias,** *Incêndios, dia 5. Drone mostra zona ardida em Pedrógão Grande*, https://www.rtp.pt/noticias/pais/incendios-dia-5-drone-mostra-zona-ardida-em-pedrogao-grande_v1009630, 21 de Junho de 2017 às 19:45, consultado em Março de 2018;
- Sábado,** *Casas destruídas pelo incêndio de Pedrógão Grande*, <https://www.sabado.pt/fotografias/detalhe/casas-destruidas-pelo-incendio-de-pedrogao-grande>, 4 de Julho de 2017 às 17h33, consultado em Março de 2018;
- Santos, A.,** *Sistema de Inspeção e diagnóstico de caixilharias*, Dissertação para obtenção de Grau de Mestre em Engenharia Militar, IST, 2012;
- Seródio, P., Paulo, P.,** *Coberturas em Terraço*, Apresentação Power Point da cadeira de Tecnologia da Construção de Edifícios (Mestrado Integrado em Engenharia Civil). Instituto Superior Técnico;
- SIC Notícias,** *Na aldeia de Álvaro arderam 40 casas e toda a área agrícola*, <http://sicnoticias.sapo.pt/pais/2017-10-19-Na-aldeia-de-Alvaro-arderam-40-casas-e-toda-a-area-agricola>, 19 de Outubro de 2017 às 16h02, consultado em Março de 2018;
- SIC Notícias,** *O cenário desolador do incêndio em Oleiros visto do céu*, <http://sicnoticias.sapo.pt/pais/2017-10-16-O-cenario-desolador-do-incendio-em-Oleiros-visto-do-ceu>, 16 de Outubro de 2017 às 13h27, consultado em Março de 2018;
- Silva, C. M.,** *Avaliação da Resistência ao Fogo de Produtos de Construção*, dissertação de mestrado em engenharia civil, Universidade de Aveiro, 2010;
- Souza, S.,** *Arquitectura e os projectos de segurança contra incêndio e pânico*, Ensaio Teoria e História de Arquitectura e Urbanismo FAU – UnB, 2015;
- Viegas, D. et al., Almeida, M., Ribeiro, L., Raposo, J. Viegas, M. T., Oliveira, R., Alves, D., Pinto, C., Jorge, H., Rodrigues, A., Lucas, D., Lopes, S., Silva, L. F.,** *O complexo de Incêndios de Pedrógão Grande e concelhos limítrofes, iniciado a 17 de Junho de 2017*. Centro de Estudos sobre Incêndios Florestais (CEIF), Coimbra: ADAI/LAETA, Universidade de Coimbra. 238 pp., 2017;
- Weber SAINT-GOBAIN,** *Sistema weber.therm Comfort*, https://www.weber.com.pt/uploads/media/Sistema_weber.therm_comfort__2018__v2.pdf, 30 de Outubro de 2018;

Westhaver, A., *Why some homes survived: Learning from the Fort McMurray wildland/urban interface fire disaster*. Toronto, Ontario (Canada): Institute for Catastrophic Loss Reduction Research paper series (56), 2016.

REGULAMENTOS E NORMAS

Decreto-Lei nº. 76/2017, *Sistema Nacional de Defesa da Floresta contra Incêndios*, 17 de Agosto de 2017;

Decreto-Lei nº 224/2015, *Regime Jurídico de Segurança Contra Incêndios em Edifícios (RJSCIE)*, 9 de Outubro de 2015;

EN 13501-1, *Fire Test to Building Material*, 2007;

Eurocódigo 6, *Projecto de estruturas de alvenaria*, 1996;

ISO 834-1, *Fire resistance tests*, 2014.

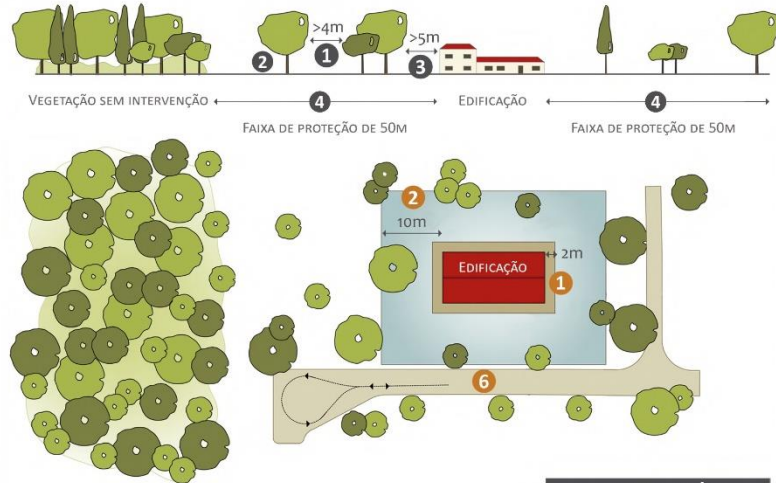
7. ANEXOS

PROTEJA A SUA CASA DOS INCÊNDIOS RURAIS

OBRIGATÓRIO

Fazer, até dia **15 de abril**, uma **faixa de proteção de 50m**, medida a partir da parede exterior da edificação e executada pelo detentor do terreno.

- 1** As copas das árvores têm que **distanciar entre si**, no mínimo, **4m**.
- 2** As árvores têm que ser **desramadas** até **4m** acima do solo. Para árvores com altura inferior a 8m, desrama-se apenas a **metade inferior**.
- 3** As árvores e arbustos têm que estar a mais de **5m** das **edificações**. Evitar a projeção das copas sobre os telhados.
- 4** **Não acumular lenha** ou substâncias inflamáveis dentro da faixa de **50m**.



ACONSELHÁVEL

- 1** Mantenha uma faixa de **1 a 2m** com **pavimento** não inflamável à volta da sua edificação.
- 2** Num raio de **10m** da sua casa evite ter vegetação muito inflamável ou que seque com facilidade. Evite as **sebes** com espécies que acumulem muito material lenhoso seco no seu interior ou que contenham óleos ou resinas e as **cercas** feitas com caniço e urze seca.
- 3** Verifique se o sistema de **rega** e as **mangueiras** estão operacionais.
- 4** Remova as ervas, folhas, ramos e musgos que se encontrem nos **telhados** e nas caleiras/algerozes. Coloque uma **rede de retenção de fagulhas** nas chaminés.
- 5** Proteja as **portas** e as **janelas** com persianas ou portadas. Use **vidros duplos e temperados** e priorize janelas de correr.
- 6** Mantenha o **acesso à sua casa transitável** e crie uma zona que permita a inversão de marcha.

Esteja atento!

Consulte o Risco de Incêndio no site do IPMA, I.P. ou do ICNF, I.P.



DURANTE O INCÊNDIO

- 1** Evite a exposição aos fumos e tape a boca e o nariz com um pano húmido.
- 2** Feche todas as portas e janelas (interiores e exteriores) de casa e outras aberturas (grelhas de ventilação, etc.) e coloque toalhas molhadas por baixo das mesmas.
- 3** Desligue as válvulas de **gás**. Afaste **cortinas** e **sofás** que estejam junto às janelas.
- 4** Caso tenha condições de segurança **regue a envolvente à sua casa e o telhado**. Apague os focos de incêndio com água, terra ou ramos verdes.
- 5** Tenha o veículo preparado para uma saída de emergência. **Siga as orientações das autoridades**.
- 6** Após a passagem do incêndio verifique se existem **pequenos focos** ou **fumo** junto à casa e apague-os.

Em caso de incêndio
LIGUE 112
Chamada gratuita

ANEXO 7.2. – Estrutura dos questionários

Inquérito sobre as características das casas mais afetadas pelos fogos florestais

1) A maioria das casas muito afetadas pelos fogos tinham paredes de pedra e telhado inclinado de telha?

- Sim
- Não
- Não sei

2) Aproximadamente quantas casas deste tipo arderam totalmente no seu concelho?

3) Houve casas totalmente ardidas construídas em estrutura de betão, com lajes de betão nos pisos?

- Sim
- Não
- Não sei

4) Aproximadamente quantas casas deste tipo arderam totalmente no seu concelho?

5) Na maior parte das casas ardidas, o incêndio começou pela cobertura ou pelas janelas/portas?

- Cobertura
- Janelas/Portas
- Outro
- Não sei

6) Caso tenha respondido "Outro" na última questão, especifique qual:

7) A maior parte das casas ardidas tinha a estrutura de suporte do telhado em que material?

- Madeira
- Betão armado
- Outro
- Não sei

8) Caso tenha respondido "Outro" na última questão, especifique qual:

9) A maior parte das casas que arderam totalmente tinham os pavimentos em madeira?

- Sim
- Não
- Não sei

10) Houve casas que arderam sem terem árvores num raio de cerca de 20m?

- Sim
- Não
- Não sei

11) Acha que os incêndios nas casas ardidas se iniciaram devido à propagação de fúlhas?

- Sim
- Não
- Não sei

12) Comentários adicionais:

ANEXO 7.2.1. – Resposta da Câmara de Arganil

Inquérito sobre as características das casas mais afetadas pelos fogos florestais

- 1) A maioria das casas muito afetadas pelos fogos tinham paredes de pedra e telhado inclinado de telha?
- Sim
- Não
- Não sei
- 2) Aproximadamente quantas casas deste tipo arderam totalmente no seu concelho?
- 200
- 3) Houve casas totalmente ardidas construídas em estrutura de betão, com lajes de betão nos pisos?
- Sim
- Não
- Não sei
- 4) Aproximadamente quantas casas deste tipo arderam totalmente no seu concelho?
-
- 5) Na maior parte das casas ardidas, o incêndio começou pela cobertura ou pelas janelas/portas?
- Cobertura
- Janelas/Portas
- Outro
- Não sei
- 6) Caso tenha respondido "Outro" na última questão, especifique qual:
-
- 7) A maior parte das casas ardidas tinha a estrutura de suporte do telhado em que material?
- Madeira
- Betão armado
- Outro
- Não sei
- 8) Caso tenha respondido "Outro" na última questão, especifique qual:
-
- 9) A maior parte das casas que arderam totalmente tinham os pavimentos em madeira?
- Sim
- Não
- Não sei
- 10) Houve casas que arderam sem terem árvores num raio de cerca de 20m?
- Sim
- Não
- Não sei
- 11) Acha que os incêndios nas casas ardidas se iniciaram devido à propagação de faúlhas?
- Sim
- Não
- Não sei
- 12) Comentários adicionais:
-

ANEXO 7.2.2. – Resposta da Câmara de Figueiró dos Vinhos

Inquérito sobre as características das casas mais afetadas pelos fogos florestais

1) A maioria das casas muito afetadas pelos fogos tinham paredes de pedra e telhado inclinado de telha?

Sim

Não

Não sei

2) Aproximadamente quantas casas deste tipo arderam totalmente no seu concelho?

3

3) Houve casas totalmente ardidas construídas em estrutura de betão, com lajes de betão nos pisos?

Sim

Não

Não sei

4) Aproximadamente quantas casas deste tipo arderam totalmente no seu concelho?

5) Na maior parte das casas ardidas, o incêndio começou pela cobertura ou pelas janelas/portas?

Cobertura

Janelas/Portas

Outro

Não sei

6) Caso tenha respondido "Outro" na última questão, especifique qual:

7) A maior parte das casas ardidas tinha a estrutura de suporte do telhado em que material?

Madeira

Betão armado

Outro

Não sei

8) Caso tenha respondido "Outro" na última questão, especifique qual:

9) A maior parte das casas que arderam totalmente tinham os pavimentos em madeira?

Sim

Não

Não sei

10) Houve casas que arderam sem terem árvores num raio de cerca de 20m?

Sim

Não

Não sei

11) Acha que os incêndios nas casas ardidas se iniciaram devido à propagação de faúlhas?

Sim

Não

Não sei

12) Comentários adicionais:

ANEXO 7.2.3. – Resposta da Câmara de Mira

Inquérito sobre as características das casas mais afetadas pelos fogos florestais

- 1) A maioria das casas muito afetadas pelos fogos tinham paredes de pedra e telhado inclinado de telha?
- Sim
- Não
- Não sei
- 2) Aproximadamente quantas casas deste tipo arderam totalmente no seu concelho?
- 14
- 3) Houve casas totalmente ardidas construídas em estrutura de betão, com lajes de betão nos pisos?
- Sim
- Não
- Não sei
- 4) Aproximadamente quantas casas deste tipo arderam totalmente no seu concelho?
- 0
- 5) Na maior parte das casas ardidas, o incêndio começou pela cobertura ou pelas janelas/portas?
- Cobertura
- Janelas/Portas
- Outro
- Não sei
- 6) Caso tenha respondido "Outro" na última questão, especifique qual:
-
- 7) A maior parte das casas ardidas tinha a estrutura de suporte do telhado em que material?
- Madeira
- Betão armado
- Outro
- Não sei
- 8) Caso tenha respondido "Outro" na última questão, especifique qual:
-
- 9) A maior parte das casas que arderam totalmente tinham os pavimentos em madeira?
- Sim
- Não
- Não sei
- 10) Houve casas que arderam sem terem árvores num raio de cerca de 20m?
- Sim
- Não
- Não sei
- 11) Acha que os incêndios nas casas ardidas se iniciaram devido à propagação de faúlhas?
- Sim
- Não
- Não sei
- 12) Comentários adicionais:
- Para além das habitações mencionadas, arderam totalmente mais 2 de construção em madeira. Os dados enunciados dizem respeito à primeira habitação, são as únicas que até à data se encontram contabilizadas. As restantes que arderam eram construções de adobe com estrutura da cobertura em madeira.

ANEXO 7.2.4. – Resposta da Câmara de Monção

Inquérito sobre as características das casas mais afetadas pelos fogos florestais

- 1) A maioria das casas muito afetadas pelos fogos tinham paredes de pedra e telhado inclinado de telha?
- Sim
- Não
- Não sei
- 2) Aproximadamente quantas casas deste tipo arderam totalmente no seu concelho?
- 14
- 3) Houve casas totalmente ardidas construídas em estrutura de betão, com lajes de betão nos pisos?
- Sim
- Não
- Não sei
- 4) Aproximadamente quantas casas deste tipo arderam totalmente no seu concelho?
-
- 5) Na maior parte das casas ardidas, o incêndio começou pela cobertura ou pelas janelas/portas?
- Cobertura
- Janelas/Portas
- Outro
- Não sei
- 6) Caso tenha respondido "Outro" na última questão, especifique qual:
-
- 7) A maior parte das casas ardidas tinha a estrutura de suporte do telhado em que material?
- Madeira
- Betão armado
- Outro
- Não sei
- 8) Caso tenha respondido "Outro" na última questão, especifique qual:
-
- 9) A maior parte das casas que arderam totalmente tinham os pavimentos em madeira?
- Sim
- Não
- Não sei
- 10) Houve casas que arderam sem terem árvores num raio de cerca de 20m?
- Sim
- Não
- Não sei
- 11) Acha que os incêndios nas casas ardidas se iniciaram devido à propagação de faúlhas?
- Sim
- Não
- Não sei
- 12) Comentários adicionais:
-

ANEXO 7.2.5. – Resposta da Câmara de Oleiros

Inquérito sobre as características das casas mais afetadas pelos fogos florestais

1) A maioria das casas muito afetadas pelos fogos tinham paredes de pedra e telhado inclinado de telha?

Sim

Não

Não sei

2) A

104 casas

Aproximadamente quantas casas deste tipo arderam totalmente no seu concelho?

3) Houve casas totalmente ardidas construídas em estrutura de betão, com lajes de betão nos pisos?

Sim

Não

Não sei

4) Aproximadamente quantas casas deste tipo arderam totalmente no seu concelho?

49 casas

5) ..

a maior parte das casas ardidas, o incêndio começou pela cobertura ou pelas janelas/portas?

Cobertura

Janelas/Portas

Outro

Não sei

6) C

o tenha respondido "Outro" na última questão, especifique qual:

7) A maior parte das casas ardidas tinha a estrutura de suporte do telhado em que material?

Madeira

Betão armado

Outro

Não sei

8) Caso tenha respondido "Outro" na última questão, especifique qual:

9) A maior parte das casas que arderam totalmente tinham os pavimentos em madeira?

Sim

Não

Não sei

10) Houve casas que arderam sem terem árvores num raio de cerca de 20m?

Sim

Não

Não sei

11) Acha que os incêndios nas casas ardidas se iniciaram devido à propagação de faúlhas?

Sim

Não

Não sei

12) Comentários adicionais:

ANEXO 7.2.6. – Resposta da Câmara de Pampilhosa da Serra

Inquérito sobre as características das casas mais afetadas pelos fogos florestais

- 1) A maioria das casas muito afetadas pelos fogos tinham paredes de pedra e telhado inclinado de telha?
 Sim
 Não
 Não sei
- 2) Aproximadamente quantas casas deste tipo arderam totalmente no seu concelho?
- 3) Houve casas totalmente ardidas construídas em estrutura de betão, com lajes de betão nos pisos?
 Sim
 Não
 Não sei
- 4) Aproximadamente quantas casas deste tipo arderam totalmente no seu concelho?
- 5) Na maior parte das casas ardidas, o incêndio começou pela cobertura ou pelas janelas/portas?
 Cobertura
 Janelas/Portas
 Outro
 Não sei
- 6) Caso tenha respondido "Outro" na última questão, especifique qual:
- 7) A maior parte das casas ardidas tinha a estrutura de suporte do telhado em que material?
 Madeira
 Betão armado
 Outro
 Não sei
- 8) Caso tenha respondido "Outro" na última questão, especifique qual:
- 9) A maior parte das casas que arderam totalmente tinham os pavimentos em madeira?
 Sim
 Não
 Não sei
- 10) Houve casas que arderam sem terem árvores num raio de cerca de 20m?
 Sim
 Não
 Não sei
- 11) Acha que os incêndios nas casas ardidas se iniciaram devido à propagação de faúlhas?
 Sim
 Não
 Não sei
- 12) Comentários adicionais:

ANEXO 7.2.7. – Resposta da Câmara de Penela

Inquérito sobre as características das casas mais afetadas pelos fogos florestais

- 1) A maioria das casas muito afetadas pelos fogos tinham paredes de pedra e telhado inclinado de telha?
 Sim
 Não
 Não sei
- 2) Aproximadamente quantas casas deste tipo arderam totalmente no seu concelho?
- 3) Houve casas totalmente ardidas construídas em estrutura de betão, com lajes de betão nos pisos?
 Sim
 Não
 Não sei
- 4) Aproximadamente quantas casas deste tipo arderam totalmente no seu concelho?
- 5) Na maior parte das casas ardidas, o incêndio começou pela cobertura ou pelas janelas/portas?
 Cobertura
 Janelas/Portas
 Outro
 Não sei
- 6) Caso tenha respondido "Outro" na última questão, especifique qual:
- 7) A maior parte das casas ardidas tinha a estrutura de suporte do telhado em que material?
 Madeira
 Betão armado
 Outro
 Não sei
- 8) Caso tenha respondido "Outro" na última questão, especifique qual:
- 9) A maior parte das casas que arderam totalmente tinham os pavimentos em madeira?
 Sim
 Não
 Não sei
- 10) Houve casas que arderam sem terem árvores num raio de cerca de 20m?
 Sim
 Não
 Não sei
- 11) Acha que os incêndios nas casas ardidas se iniciaram devido à propagação de faúlhas?
 Sim
 Não
 Não sei
- 12) Comentários adicionais:

ANEXO 7.2.8. – Resposta da Câmara de Pedrógão Grande

Inquérito sobre as características das casas mais afetadas pelos fogos florestais

- 1) A maioria das casas muito afetadas pelos fogos tinham paredes de pedra e telhado inclinado de telha?
 Sim
 Não
 Não sei
- 2) Aproximadamente quantas casas deste tipo arderam totalmente no seu concelho?
- 3) Houve casas totalmente ardidas construídas em estrutura de betão, com lajes de betão nos pisos?
 Sim
 Não
 Não sei
- 4) Aproximadamente quantas casas deste tipo arderam totalmente no seu concelho?
- 5) Na maior parte das casas ardidas, o incêndio começou pela cobertura ou pelas janelas/portas?
 Cobertura
 Janelas/Portas
 Outro
 Não sei
- 6) Caso tenha respondido "Outro" na última questão, especifique qual:
- 7) A maior parte das casas ardidas tinha a estrutura de suporte do telhado em que material?
 Madeira
 Betão armado
 Outro
 Não sei
- 8) Caso tenha respondido "Outro" na última questão, especifique qual:
- 9) A maior parte das casas que arderam totalmente tinham os pavimentos em madeira?
 Sim
 Não
 Não sei
- 10) Houve casas que arderam sem terem árvores num raio de cerca de 20m?
 Sim
 Não
 Não sei
- 11) Acha que os incêndios nas casas ardidas se iniciaram devido à propagação de faúlhas?
 Sim
 Não
 Não sei
- 12) Comentários adicionais:

ANEXO 7.2.9. – Resposta da Câmara de Seia

Inquérito sobre as características das casas mais afetadas pelos fogos florestais

- 1) A maioria das casas muito afetadas pelos fogos tinham paredes de pedra e telhado inclinado de telha?
- Sim
- Não
- Não sei
- 2) Aproximadamente quantas casas deste tipo arderam **totalmente** no seu concelho?
- Aproximadamente 70.
- 3) Houve casas **totalmente** ardidas construídas em estrutura de betão, com lajes de betão nos pisos?
- Sim
- Não
- Não sei
- 4) Aproximadamente quantas casas deste tipo arderam totalmente no seu concelho?
- Aproximadamente 10.
- 5) Na maior parte das casas ardidas, o incêndio começou pela cobertura ou pelas janelas/portas?
- Cobertura
- Janelas/Portas
- Outro
- Não sei
- 6) Caso tenha respondido "Outro" na última questão, especifique qual:
-
- 7) A maior parte das casas ardidas tinha a estrutura de suporte do telhado em que material?
- Madeira
- Betão armado
- Outro
- Não sei
- 8) Caso tenha respondido "Outro" na última questão, especifique qual:
-
- 9) A maior parte das casas que arderam **totalmente** tinham os pavimentos em madeira?
- Sim
- Não
- Não sei
- 10) Houve casas que arderam sem terem árvores num raio de cerca de 20m?
- Sim
- Não
- Não sei
- 11) Acha que os incêndios nas casas ardidas se iniciaram devido à propagação de faúlhas?
- Sim
- Não
- Não sei
- 12) Comentários adicionais:
- Após o levantamento das habitações que arderam totalmente, restando apenas as paredes exteriores, constatou-se que:
- as de construção em elementos de betão e alvenaria de tijolo apresentam deformações que obrigarão à demolição total dos edifícios;
 - as de construção em alvenaria de pedra com laje em madeira poderão ser reabilitadas sem recorrer à total.

ANEXO 7.2.10. – Resposta da Câmara da Sertã

Inquérito sobre as características das casas mais afetadas pelos fogos florestais

1) A maioria das casas muito afetadas pelos fogos tinham paredes de pedra e telhado inclinado de telha?

- Sim
 Não
 Não sei

2) Aproximadamente quantas casas deste tipo arderam totalmente no seu concelho?

Aproximadamente 28 edificações

3) Houve casas totalmente ardidas construídas em estrutura de betão, com lajes de betão nos pisos?

- Sim
 Não
 Não sei

4) Aproximadamente quantas casas deste tipo arderam totalmente no seu concelho?

Julgo que apenas 1

5) Na maior parte das casas ardidas, o incêndio começou pela cobertura ou pelas janelas/portas?

- Cobertura
 Janelas/Portas
 Outro
 Não sei

6) Caso tenha respondido "Outro" na última questão, especifique qual:

7) A maior parte das casas ardidas tinha a estrutura de suporte do telhado em que material?

- Madeira
 Betão armado
 Outro
 Não sei

8) Caso tenha respondido "Outro" na última questão, especifique qual:

9) A maior parte das casas que arderam totalmente tinham os pavimentos em madeira?

- Sim
 Não
 Não sei

10) Houve casas que arderam sem terem árvores num raio de cerca de 20m?

- Sim
 Não
 Não sei

11) Acha que os incêndios nas casas ardidas se iniciaram devido à propagação de faúlhas?

- Sim
 Não
 Não sei

12) Comentários adicionais:

Relativamente á questão 10 a edificação mencionada na questão 4 deste inquerito, não tinha árvores num raio de 20 metros.

ANEXO 7.2.11. – Resposta da Câmara de Vale de Cambra

Inquérito sobre as características das casas mais afetadas pelos fogos florestais

- 1) A maioria das casas muito afetadas pelos fogos tinham paredes de pedra e telhado inclinado de telha?
- Sim
- Não
- Não sei
- 2) Aproximadamente quantas casas deste tipo arderam **totalmente** no seu concelho?
-
- 3) Houve casas **totalmente** ardidas construídas em estrutura de betão, com lajes de betão nos pisos?
- Sim
- Não
- Não sei
- 4) Aproximadamente quantas casas deste tipo arderam totalmente no seu concelho?
-
- 5) Na maior parte das casas ardidas, o incêndio começou pela cobertura ou pelas janelas/portas?
- Cobertura
- Janelas/Portas
- Outro
- Não sei
- 6) Caso tenha respondido "Outro" na última questão, especifique qual:
-
- 7) A maior parte das casas ardidas tinha a estrutura de suporte do telhado em que material?
- Madeira
- Betão armado
- Outro
- Não sei
- 8) Caso tenha respondido "Outro" na última questão, especifique qual:
-
- 9) A maior parte das casas que arderam **totalmente** tinham os pavimentos em madeira?
- Sim
- Não
- Não sei
- 10) Houve casas que arderam sem terem árvores num raio de cerca de 20m?
- Sim
- Não
- Não sei
- 11) Acha que os incêndios nas casas ardidas se iniciaram devido à propagação de faúlhas?
- Sim
- Não
- Não sei
- 12) Comentários adicionais:
-

ANEXO 7.2.12. – Resposta da Câmara de Vouzela

Inquérito sobre as características das casas mais afetadas pelos fogos florestais

- 1) A maioria das casas muito afetadas pelos fogos tinham paredes de pedra e telhado inclinado de telha?
- Sim
- Não
- Não sei
- 2) Aproximadamente quantas casas deste tipo arderam totalmente no seu concelho?
- 250
- 3) Houve casas totalmente ardidas construídas em estrutura de betão, com lajes de betão nos pisos?
- Sim
- Não
- Não sei
- 4) Aproximadamente quantas casas deste tipo arderam totalmente no seu concelho?
- 6
- 5) Na maior parte das casas ardidas, o incêndio começou pela cobertura ou pelas janelas/portas?
- Cobertura
- Janelas/Portas
- Outro
- Não sei
- 6) Caso tenha respondido "Outro" na última questão, especifique qual:
-
- 7) A maior parte das casas ardidas tinha a estrutura de suporte do telhado em que material?
- Madeira
- Betão armado
- Outro
- Não sei
- 8) Caso tenha respondido "Outro" na última questão, especifique qual:
-
- 9) A maior parte das casas que arderam totalmente tinham os pavimentos em madeira?
- Sim
- Não
- Não sei
- 10) Houve casas que arderam sem terem árvores num raio de cerca de 20m?
- Sim
- Não
- Não sei
- 11) Acha que os incêndios nas casas ardidas se iniciaram devido à propagação de faúlhas?
- Sim
- Não
- Não sei
- 12) Comentários adicionais:
-