

www.adai.pt/houserefuge



Relatório

Nr. 6

Melhores práticas construtivas para mitigação do risco de incêndio rural

Autores

Eng. MSc Deives de Paula (ITeCons) e
Prof. João Paulo C. Rodrigues (ITeCons)

Parceiros do projeto



Financiamento



Data

Abril de 2023

Prefácio

O presente relatório corresponde às sub tarefas ST3.1 – “Evaluation of the most vulnerable parts of a building during wildfires”, ST3.2 – “Specific details for different types of buildings” e ST3.3 – “Proposal of solutions to mitigate the vulnerability of constructions to wildfires” elaborada pelo *Itecons* no âmbito da *Task 3 – Fire Wise Technologies for buildings* do Projeto House Refuge.

Índice

RESUMO	4
1. INTRODUÇÃO	5
2. VULNERABILIDADE DOS EDIFÍCIOS AOS INCÊNDIOS FLORESTAIS	5
2.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA	5
2.2. MECANISMOS DE ATAQUE DO INCÊNDIO FLORESTAL ÀS HABITAÇÕES	8
2.3. PONTOS VULNERÁVEIS DAS CONSTRUÇÕES DURANTE OS INCÊNDIOS FLORESTAIS	13
3. O COMPORTAMENTO AO FOGO DOS ELEMENTOS DE CONSTRUÇÃO	22
3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	22
3.2. OBJETIVOS PARA A SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO NAS HABITAÇÕES EM ÁREAS URBANAS	24
3.3. OBJETIVOS PARA A SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO (SCI) NAS HABITAÇÕES FRENTE AOS INCÊNDIOS FLORESTAIS	27
3.4. CLASSIFICAÇÃO DOS PRODUTOS DA CONSTRUÇÃO QUANTO O SEU COMPORTAMENTO AO FOGO	28
3.5. EXIGÊNCIAS PARA HABITAÇÕES NA REGULAMENTAÇÃO PORTUGUESA	32
3.6. ASPETOS DE PROJETO PARA TORNAR A HABITAÇÃO MAIS SEGURA DIANTE DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS	35
3.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
4. NORMAS E CÓDIGOS PARA HABITAÇÕES EM ZONAS PROPENSAS A INCÊNDIOS FLORESTAIS	50
4.1. ABORDAGEM DA NORMA AUSTRALIANA AS-3959	52
4.2. CÓDIGO DE CONSTRUÇÃO <i>INTERNATIONAL WILDLAND URBAN INTERFACE CODE 2022</i>	64
4.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
5. CONCLUSÃO	68
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

RESUMO

O presente relatório, correspondente ao desenvolvimento da investigação concernente à *Task 3 - Firewise technologies for buildings*, têm como objetivo apresentar uma ampla revisão dos aspetos que envolvem a vulnerabilidade dos edifícios habitacionais situados nas zonas de interface urbano florestal (IUF) frente aos incêndios florestais, caracterizando os principais componentes da habitação e suas fragilidades frente à estes eventos, por meio de uma revisão bibliográfica que permeia publicações e investigações de distintas disciplinas, e de verificar como estes foram modificados perante os mecanismos de ataque térmico dos incêndios florestais com base em ocorrências de incêndios e de estudos aplicados a temática. Foi apresentada a abordagem atual para a segurança contra incêndio utilizada em incêndios urbanos e a proposta para a segurança das habitações frente aos incêndios florestais, incluindo a como é tratado o comportamento ao fogo dos elementos de construção no cenário europeu e os requisitos em termos de reação e de resistência ao fogo para as habitações unifamiliares para incêndios externos à habitação. Foram apresentadas as abordagens de referências relativas a requisitos de construção em habitações nas zonas propensas a incêndios florestais (AS 3959 e WUIC 2022) e também colocadas alternativas de projeto aos principais componentes da habitação identificados como vulneráveis aos incêndios florestais nesta investigação, correlacionando-os com os objetivos a serem atingidos em termos de segurança contra incêndio.

1. INTRODUÇÃO

A presente tarefa denominada *“Fire wise technologies for buildings”*, dentro do âmbito do projeto House Refuge, tem como objetivo identificar, dentro de um conjunto de elementos de construção a influência destes quando da ocorrência de um incêndio externo, como é o caso dos incêndios florestais e, ainda, como estes elementos podem contribuir para o desenvolvimento do incêndio na habitação, sob o aspeto de seu comportamento ao fogo.

No decorrer deste relatório foram apresentadas referências a estudos dirigidos sobre a vulnerabilidade dos elementos de construção frente aos incêndios florestais, no sentido de reunir e colmatar o estado da arte sobre esta questão, bem como apresentar as principais exigências normativas e regulamentares vigentes em Portugal para os elementos de construção utilizados nas habitações, com o foco na proteção contra os incêndios externos. Foram apresentados exemplos de materiais e a sua relação com as Euroclasses de reação e de resistência ao fogo. A partir do conjunto de aspetos que influenciam a vulnerabilidade das habitações, foram também apresentadas as alternativas que podem ser utilizadas em termos de projeto de habitação para reduzir ou mitigar tais vulnerabilidades.

Foram estudadas as principais normas e códigos que tratam de requisitos específicos para a proteção da envolvente exterior aos incêndios florestais, verificando-se a abordagem técnica adotada em sua conceção e seus principais requisitos quanto aos materiais e sistemas construtivos para os principais elementos de construção que são diretamente afetados quando ocorrem os incêndios florestais.

2. VULNERABILIDADE DOS EDIFÍCIOS AOS INCÊNDIOS FLORESTAIS

2.1. Contextualização do problema

Os incêndios florestais que ocorrem em áreas de Interface Urbano Florestal (IUF) caracterizam-se pela destruição de habitações, as quais geralmente não estão protegidas para tal situação. A projeção de partículas incandescentes, a frente de chamas que avança da floresta para as habitações e o fluxo de calor radiante proveniente da combustão da vegetação adjacente às habitações são as principais situações condições que propiciam a ignição nas habitações. O início desta ignição, normalmente, inicia-se a partir de pontos vulneráveis que podem estar presentes na estrutura das habitações, sejam estes isolados ou em conjunto, e que dependem das características existentes na habitação e da evolução do incêndio florestal em curso. Durante estes eventos, pode ocorrer a destruição parcial ou total do edificado.

Cohen and Butler citam que *“o grau de sobrevivência da estrutura ser o resultado da interação complexa de um conjunto de variáveis envolvidas na ignição e combustão da vegetação e da estrutura, variando com o grau de proteção que as ações de mitigação*

envolveram”. A definição de locais seguros para se abrigar durante a ocorrência de um incêndio florestal é uma tarefa complexa, pois as habitações podem possuir diferentes tipologias, com aspetos arquitetónicos diversificados e distintos materiais e sistemas construtivos. Ainda, deve-se ter em conta o posicionamento da habitação em relação à floresta, no caso o seu afastamento entre os limites do edificado e a proximidade com a floresta.

No incêndio de 2018 ocorrido em Grécia (Andreadakis *et al.*, 2018), grande parte das pessoas tomaram decisões rápidas, mudando-se a tempo ou abrigando-se em suas casas, que eram geralmente construídas com materiais incombustíveis, como na maioria dos países europeus. Entretanto, houve um número expressivo de edifícios destruídos, principalmente por conta de deficiências estruturais existentes (e.g.: coberturas com estrutura deteriorada, material de construção de baixa qualidade e desempenho ao fogo) as quais propiciaram condições para o fogo para entrar ao interior das habitações e dos edifícios, sendo a maioria destes com dois ou mais pisos. As construções com piso único (rés de chão) ou com rés de chão e cave os danos sofridos foram significativamente menores do que nas construções com dois ou mais pisos. Além disso, é importante notar que muitas das casas afetadas foram danificadas por conta da proximidade da vegetação com as casas e suas janelas, sendo um caminho de entrada para as chamas nas habitações.

Brown (2018) apresentou em sua investigação que o último piso de um edifício pode ser, de forma geral, o mais perigoso para o ocupante da habitação buscar abrigo durante um incêndio florestal. Ainda, apresentou que os edifícios que possuíam grandes janelas e/ou portadas de vidro deslizantes, com função arquitetónica e foco na visualização ao redor do edifício, podem ser agravados em termos de risco à exposição dos incêndios externos, pois diante da intensidade do fluxo de calor radiante, a velocidade dos ventos e temperaturas que podem ser atingidas nos incêndios florestais, estes elementos construtivos podem apresentar trincas e partirem, permitindo o ingresso do incêndio ao interior do edifício. Além disso, os pisos superiores são geralmente construídos com materiais mais leves e potencialmente combustíveis, ou seja, mais vulneráveis à ignição por meio do contato direto com partículas inflamadas. Relata que o R/C é o piso mais seguro para se abrigar, pois ao nível do solo há mais meios de evacuação, no caso as portas ou portadas com o exterior, em que o ocupante pode sair.

Em inquérito realizado com os residentes de áreas propensas a incêndios florestais em Blue Montain e na Costa Central de New South Wales, Austrália, as pessoas responderam que a casa de banho era um local apropriado para se abrigar durante um incêndio florestal. No entanto, a casa de banho também pode representar um perigo à sobrevivência das pessoas. Durante a ocorrência de um incêndio florestal, o fornecimento de água potável na rede pública de abastecimento geralmente é encerrado ou faz-se a redução da pressão de fornecimento da rede, reduzindo-se o

caudal a níveis mínimos. Apesar das paredes da casa de banho serem revestidas com azulejos, acessórios incombustíveis e ter o abastecimento de água, as casas de banho podem estar vulneráveis ao colapso do telhado, quando este estiver deteriorado após o ataque das chamas provenientes do incêndio florestal e do ingresso de fagulhas incandescentes que tenha adentrado em alguma cavidade do telhado. A maioria das casas de banho não possuíam uma porta externa para que os residentes tenham acesso direto ao exterior para sair da habitação. Outra questão é de que, uma vez que o ocupante esteja no interior da casa de banho, pode ser difícil deste ver o progresso do incêndio em curso. Ainda, esta situação pode ser ainda mais grave, pelo fato da casa de banho ser um espaço mais pequeno e fechado do que outros ambientes da habitação, colocando o ocupante em uma situação mais vulnerável a intoxicação por monóxido de carbono (Brown, 2018).

Whittaker et al. (2013) apontam que existem conexões entre a ocorrência de danos nas habitações e as condições climáticas; a severidade do incêndio; a distância da floresta nativa e as características de projeto e de construção nas habitações. Na Austrália, historicamente os residentes são encorajados a permanecer e preparar as suas habitações para enfrentar os incêndios florestais (Blanchi *et al.*, 2012). Esse posicionamento está em contraste com o proposto nos EUA, onde a evacuação dos ocupantes perante o aviso de uma ocorrência de incêndio florestal é comum. Consequentemente, isto resulta no incremento de perdas relativas às habitações. Mas ainda não há um consenso claro de que ficar nas habitações durante um evento de incêndio florestal é uma alternativa segura para os residentes da habitação. Isto depende de diversos fatores, conforme apontado por Paveglio, Carroll and Jakes (2010), como as características das comunidades regionais, dos fatores climáticos e ecológicos e das características intrínsecas da habitação que ali estão presentes durante um evento de incêndio florestal (ex. no caso destas habitações serem resistentes à ignição). Estar dentro de sua casa enquanto o incêndio florestal está em curso pode oferecer mais proteção do que estar do lado de fora. Dentro da ótica norte americana, isto deve ser o último recurso, deixando a habitação o mais cedo possível.

A agência nacional de investigação australiana CSIRO¹ conduziu uma série de experimentos com habitações em escala real para avaliar o desempenho dos sistemas construtivos tradicionais e de sistemas inovadores perante incêndios florestais simulados. Este trabalho resultou em inovações para a elaboração de novos projetos para habitações e no desenvolvimento de uma norma para construção em áreas sujeitas a incêndios florestais, citada pelo Código Nacional de Construção da Austrália desde 2015. Esses documentos influenciaram de forma significativa as habitações que foram construídas desde sua publicação e exigência legal.

¹ *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation*

A Austrália, ao longo dos últimos anos, mudou a tradição em relação aos métodos construtivos mais utilizados. No início do século XX, com o crescimento populacional nas áreas costeiras, os edifícios tradicionais (particularmente em Queensland) foram construídos em madeira com a cobertura em chapas de aço corrugado, e com grandes varandas ao redor. O piso de entrada da casa era elevado em relação ao solo (Moreira *et al.*, 2011). A partir da década de 1930, nas cidades australianas de Melbourne, Sydney, Brisbane e especialmente, onde existiam cupins, em vez do uso da madeira (propensa a infestação de cupins), as habitações foram construídas com paredes de tijolo ou construídos com estruturas de aço leve e revestidos com materiais à base de gesso, fibrocimento ou cerâmica (Xanthopoulos, 2003).

Nos EUA, a maioria das habitações são tradicionalmente projetadas e construídas em madeira. Particularmente, como revestimento de parede externa, utilizam-se a madeira ou produtos à base de madeira, como chapas de madeira compensada ou placa de madeira orientada (OSB). Também são utilizados materiais de base vinílica ou outro tipo de material plástico (Quarles *et al.*, 2010). Ou seja, grande parte destas habitações são construídas com materiais leves potencialmente combustíveis.

2.2. Mecanismos de ataque do incêndio florestal às habitações

Para uma melhor compreensão dos efeitos dos incêndios florestais nos elementos de construção, é importante destacar os principais mecanismos de ataque às habitações durante estes eventos. As condições de ataque às habitações por meio de incêndios florestais, segundo Ramsay and Rudolph (2003) e Potter and Leonard (2010), podem ser divididas em três categorias principais, conforme o desenvolvimento do incêndio florestal: i. por meio do depósito de fagulhas ou partículas inflamadas que são transportadas pelo vento; ii. por radiação proveniente da frente de chama e; iii. o ataque com chamas diretas. Cada mecanismo inclui uma série de propriedades únicas para o desenvolvimento do incêndio nas habitações, descritas a seguir.

i. Ataque por fagulhas e/ou partículas inflamadas carregadas pelo vento

Nos incêndios florestais ocorridos na Austrália, este mecanismo de ataque, é o predominante, sendo que as fagulhas e partículas inflamadas são produzidas em grandes quantidades com a influência das correntes de vento durante os incêndios florestais. Cerca de 90% das habitações foram incendiadas na ausência do ataque direto de chamas e com a presença do calor radiante na frente de chamas do incêndio florestal. A Figura 1 ilustra o evento em questão.



Figura 1: Ataque por fagulhas e/ou partículas inflamadas carregadas com o vento (Ramsay and Rudolph, 2003)

O risco de ataque de fagulhas e/ou partículas inflamadas é influenciado por alguns dos fatores descritos abaixo:

- A quantidade, forma e o material das fagulhas.
- A quantidade de partículas combustíveis que são transportadas pelo vento durante o ataque das fagulhas.
- A duração do ataque de fagulhas.
- As condições ambientais sob as quais as fagulhas sejam depositadas, adjacentes ao edificado ou se ingressam para o interior das habitações.

ii. **Ataque por radiação da frente de chamas**

O impacto da radiação em uma habitação é sinônimo da proximidade das chamas provenientes do incêndio florestal, pois as próprias chamas são a fonte de radiação, conforme apresentada a ilustração na Figura 2. Do ponto de vista de uma habitação, o risco é função do nível de exposição ao calor radiante e o tempo em que esta ocorre, sendo esta relação muito importante, pois alguns elementos podem não ser danificados com a sua exposição ao calor radiante por períodos muito curtos, enquanto outros são severamente danificados por exposições de longa duração em níveis de radiação consideravelmente mais baixos.



Figura 2: Ataque por radiação (Ramsay and Rudolph, 2003)

Desta forma, um pico de radiação pode não ser suficiente para definir o tipo de exposição que uma casa pode sofrer, exceto quando se trata de um elemento de construção específico cujo comportamento é bem conhecido. O método mais adequado, segundo (Potter and Leonard, 2010) é utilizar uma curva de exposição da radiação em função do tempo. A determinação da sensibilidade dos elementos de construção conforme a exposição destes a determinados perfis de radiação é um caminho possível para estabelecer os critérios de seleção dos materiais e dos sistemas construtivos que podem ser utilizados nas habitações.

iii. Ataque por chama direta à estrutura

O impacto das chamas na estrutura da habitação pode ocorrer com o contato direto com a frente de chamas do incêndio florestal e/ou a impacto das chamas do combustível que esteja a arder na proximidade da habitação (vegetação, pequenas coberturas ou cercas). O exemplo de aproximação da frente de chamas à habitação está apresentado na Figura 3.



Figura 3: Ataque por chama direta à estrutura (Ramsay and Rudolph, 2003)

De qualquer das formas, os elementos construtivos da envolvente exterior da habitação podem ser ignizados, permitindo a ignição de materiais no interior do edificado. A sua caracterização ocorre por meio dos seguintes parâmetros:

- duração da exposição às chamas
- área atacada pelas chamas (nos elementos estruturais)

Os três mecanismos de ataque às habitações funcionam sinergicamente, sendo o ataque por radiação predominante. O calor radiante incidente nos materiais de construção altera a temperatura e o teor de humidade destes, portanto, aumenta a probabilidade de ignição e propagação de chamas aumenta quando estes forem expostos ao ataque contínuo de fagulhas e/ou por impacto direto das chamas. A ignição pode ser proveniente da frente de chamas do incêndio e/ou de quaisquer elementos combustíveis que se localizem ao redor da habitação ou na própria (considerando que os elementos construtivos da habitação contenham materiais potencialmente combustíveis).

A energia que é absorvida pelos elementos construtivos da habitação, proveniente do calor radiante, provoca-lhes aquecimento, incluindo os materiais ao redor deles e no interior das habitações, podendo resultar nas seguintes situações:

- Falha estrutural de um componente de um edifício, por fusão ou fissuração;
- Ignição de um componente do edifício, devido ao seu aquecimento, a ponto de liberar gases inflamáveis que são facilmente inflamados pelas partículas inflamadas – no caso é o processo de combustão caracterizado como ignição pilotada (com a presença de chamas);
- No aquecimento de um componente da habitação até o ponto em que os gases se inflamam espontaneamente – no caso é o processo de combustão lenta (ou ignição não pilotada ou espontânea);
- Na perda de humidade da superfície do material de forma rápida, aumentando a sua capacidade de inflamar e/ou capacidade de sustentar a propagação da chama, levando a uma das duas condições acima.

Como o calor radiante normalmente se propaga em linhas retas, praticamente todos os objetos visivelmente opacos bloquearão o caminho deste, incluindo árvores, cercas, persianas, etc. Objetos transparentes como o vidro podem permitir que algum calor radiante passe por eles, por meio de refração das ondas eletromagnéticas. O tipo de vidro e os revestimentos externos da parte envidraçada têm grande influência nestas situações.

Geralmente, os componentes de uma habitação combustíveis possuem um valor limite de fluxo de calor radiante, o qual após este valor, podem inflamar. Há limites para a ignição pilotada ou não pilotada, sendo normalmente os valores mais baixos para a ignição pilotada. No caso dos eventos de incêndio florestal, considerar o valor limite para ignição pilotada dos materiais é o mais apropriado, pois normalmente depositam-se uma quantidade expressiva de partículas inflamadas que são capazes de iniciar a ignição.

Em relatório publicado pelo CSIRO (Leonard, 2009), os elementos de madeira apresentaram valores da ordem de 12 kW/m² para ignição pilotada, e de forma coincidente, os elementos da janela de vidro comum (com uma única pele de vidro) têm valor de referência semelhante para a sua rutura. Estes valores são equivalentes aos estabelecidos como referência para ignição pilotada de materiais celulósicos, utilizados para determinar a distância mínima segura de separação entre edifícios. Tal valor tem como origem nas investigações desenvolvidas no *Building Research Establishment (BRE)* e descritos no relatório *External fire spread: building separation and boundary distances* (Fire Research Station, 1991). O vidro temperado apresenta sua rutura com valores da densidade de fluxo de calor incidente na ordem de 40 kW/m².

Alguns exemplos típicos de efeitos que ocorrem nos componentes da habitação em relação ao impacto do calor radiante, apontado por Leonard (2009):

- Quebra de janela;
- Ignição pilotada de elementos combustíveis externos;
- Aquecimento e secagem de elementos combustíveis por radiação solar e das chamas, aumentando a probabilidade de ignição destes materiais;
- O aquecimento e a secagem por radiação solar e das chamas provocam a retração dos elementos de madeira, o que resulta na expansão ou no aparecimento de vãos na fachada da habitação. Isso pode contribuir para a entrada de fagulhas e a aumentar a probabilidade de ignição na habitação.

No caso dos incêndios florestais, a baixa humidade baixa do ar e as altas temperaturas principalmente associada a estes eventos, podem afetar a sinergia entre estes três mecanismos. Ou seja, as mesmas condições climáticas que correspondem aos dias de alto risco de incêndio florestal, também tem influência no teor de humidade e na temperatura dos elementos de construção das habitações que estiverem implantadas nas zonas de interface urbano florestal.

Tendo em conta os mecanismos aqui apresentados, a seguir estão descritas algumas situações recolhidas em investigações pós incêndios relativas ao comportamento dos elementos de construção diante dos eventos de incêndios florestais.

2.3. Pontos vulneráveis das construções durante os incêndios florestais

Qualquer parte da envolvente da habitação onde as partículas incandescentes penetrem e/ou acumulem, podem estabelecer condições suscetíveis a ignição e propagação do incêndio para dentro da habitação. Pormenores construtivos podem influenciar o acúmulo de vegetação morta, ampliando a quantidade de material combustível, proporcionando condições para que as partículas incandescentes consigam propagar o incêndio para os elementos de construção que contenham materiais combustíveis incorporados.

Na Europa Mediterrânea (particularmente Portugal, Espanha, Grécia), o exterior dos edifícios normalmente é construído com materiais mais resistentes à ação do calor, como por exemplo, o uso de betão armado, de tijolos cerâmicos, de blocos em pedra e de telhas cerâmicas (Xanthopoulos, 2003). No entanto, o uso da madeira pode ser encontrado nas estruturas de suporte do telhado, nos caixilhos das janelas e na estrutura das janelas, nas portas, nas cercas e em outros elementos presentes nas habitações (Xanthopoulos, 2003). Descreve-se nos tópicos 2.2.1 a 2.2.6 alguns dos elementos de construção que influenciam a vulnerabilidade das habitações perante os incêndios florestais.

2.3.1. Janelas

As janelas podem configurar-se como um ponto fraco da envolvente do edifício durante um incêndio nas IUF. As molduras das janelas, no caso de serem construídas com material combustível, são mais vulneráveis à ignição a partir do acúmulo de partículas incandescentes no canto reentrante do peitoril da janela, potencializando a quebra do vidro e desta forma proporcionar uma maior exposição ao calor radiante (Fairbanks and Ingalsbee, 2006). Dependendo da intensidade da frente de chama, o fluxo de calor radiante que incide nos arredores das habitações pode modificar o comportamento dos materiais (Leicester, Leonard e Bianchi, 2006). Como exemplo desta situação, Fairbanks e Ingalsbee (2006) apresentam que o material utilizado nas estruturas das janelas tem um papel importante na proteção contra os incêndios florestais. Os materiais de base vinílica nas estruturas das janelas são mais suscetíveis ao calor radiante e podem derreter, fazendo com que os vidros colapsem e que as partículas incandescentes ingressem ao interior da habitação.

Os peitoris de janelas combustíveis também podem ignizar, contribuindo para a vulnerabilidade da janela (Ramsay, McArthur and Dowling, 1996). Além disso, as frestas em torno dos caixilhos das janelas podem ser pontos para acumular partículas inflamadas, da mesma forma que nas entradas das janelas e das portas com o exterior (Leonard *et al.*, 2015).

As dimensões da janela podem afetar sua vulnerabilidade (Quarles *et al.*, 2010). Após os grandes incêndios na Austrália em 1983 em Victoria e em 1994 em New South Wales, nas situações em que a área envidraçada era superior a 80%, o percentual de habitações que sofreram danos foi de 14% e que foram totalmente destruídas foi de 50%, totalizando 64% das habitações (Ramsay, McArthur and Dowling, 1996).

Outro aspeto, uma vez que as janelas podem ser pontos vulneráveis, é que se elas estiverem abertas, a entrada das partículas inflamadas com o vento torna-se facilitado, e desta forma pode-se iniciar a ignição no interior da habitação. Esta situação foi comentada por Xanthopoulos (2003) em sua investigação, tendo em conta que dentro das habitações estas partículas em chamas podem encontrar materiais combustíveis e iniciar a ignição, como por exemplo, as cortinas de nylon, os mobiliário em poliuretano, estofos e tapetes. Entretanto, nas situações em que as persianas à frente das janelas eram constituídas de materiais incombustíveis (ex. em materiais como alumínio ou aço) e estavam fechadas (com dobradiças ou do tipo estore), estas forneceram proteção para os vidros, para os caixilhos de madeira e para os peitoris das janelas.

2.3.2. Portas exteriores

O risco de ignição nas portas externas e sua conseqüente propagação aumentam quando possuem em seus componentes materiais combustíveis, ampliando-se o risco quando pequenos vãos e cantos reentrantes existem nos batentes destas portas, pois tal condição pode proporcionar o acúmulo de partículas inflamadas. Em observações de campo pós-incêndio foi constatado que a proteção da porta exterior com estore de material não combustível ou de material com pouca combustibilidade tornou a porta exterior menos vulnerável ao incêndio florestal (Blanchi, Leonard e Leicester, 2006).

2.3.3. Coberturas

O projeto de uma cobertura pode proporcionar o ingresso do incêndio exterior à habitação, e no caso das habitações em áreas propensas aos incêndios florestais, as investigações das ocorrências pós incêndio apontam algumas situações relevantes a seguir relatadas.

As aberturas feitas na cobertura das habitações para pequenas janelas, no caso mansardas (Quarles and Tenwolde, 2004) ou características construtivas como inclinação, cantos ou reentrâncias (Leicester, Leonard e Blanchi, 2006) são aspetos geométricos que podem influenciar o acúmulo de vegetação morta e detritos. Esta situação, diante de um incêndio florestal, pode proporcionar a ignição no local da habitação, por meio da deposição de partículas inflamadas sobre este material acumulado.

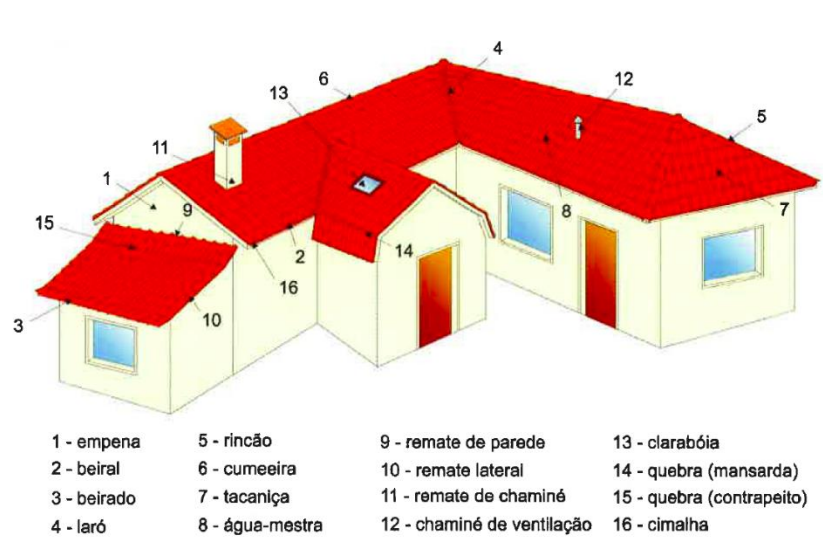


Figura 4: Partes do sistema de cobertura de uma habitação (Sousa et al., 1998)

O sistema de cobertura para uma habitação, normalmente, é constituído conforme a Figura 4 sendo algumas partes deste sistema mais vulneráveis à penetração de partículas inflamadas, como o beirado, as caleiras, o laró, as chaminés e os seus remates, vãos entre a estrutura e o revestimento da cobertura. As características dos materiais que integram estas partes juntamente com as características geométricas podem contribuir decisivamente para a vulnerabilidade da cobertura nas habitações.

A membrana betuminosa normalmente instalada entre as treliças de madeira e telhas cerâmicas, com o objetivo de garantir a estanquidade da cobertura, igniza-se com certa facilidade quando estas são atacadas por partículas incandescentes; as treliças de madeira nas habitações com más condições de conservação são mais propensas à ignição (Xanthopoulos, 2003).

As telhas cerâmicas são normalmente suportadas por treliças de madeira no sul da Europa, mas também podem ser encontrados sistemas de coberturas com telhas de cerâmica que são apoiadas em vigamentos de betão. Constatou-se que este último teve melhor comportamento frente aos incêndios florestais (Xanthopoulos et al., 2011). Os

vãos encontrados nos telhados por telhas deslocadas ou quebradas auxiliam no acúmulo e ingresso de material combustível, além de permitir a penetração de partículas inflamadas.

Segundo Leicester, Leonard and Blanchi (2006) as telhas raramente se encaixam firmemente o suficiente para manter uma abertura inferior a 2 mm, configurando-se frestas na borda do telhado entre a cobertura e o forro, espaços na cumeeira onde as telhas são deslocadas ou mesmo quebradas. Desta forma, há mais pontos de ingresso para partículas inflamadas. A área dos beirados pode ter a capacidade de acumular partículas inflamadas, seja por concentrar as chamas do revestimento ou de arder com a vegetação que esteja próxima a este, nas situações em que o beirado é aberto (Quarles and Tenwolde, 2004).

As caleiras dentro do sistema de cobertura podem também configurar-se como um ponto vulnerável aos incêndios florestais, principalmente quando estas estão preenchidas com vegetação morta (Xanthopoulos, 2003; Quarles and Tenwolde, 2004). As chamas resultantes da deposição de partículas incandescentes (Leicester, Leonard and Blanchi, 2006) podem resultar no contato com a borda do telhado. Uma vez que esta borda esteja em chamas, pode ocorrer o ingresso destas por debaixo da cobertura e contribuir com a ignição de materiais no sótão (Quarles and Tenwolde, 2004).

2.3.4. Grelhas de ventilação e chaminés

As grelhas de ventilação, dependendo do seu material, posicionamento e respectivas dimensões, podem tornar a habitação mais vulnerável ao ataque de partículas inflamadas durante os incêndios florestais. Segundo Quarles and Tenwolde (2004) as grelhas de ventilação dos sótãos tem a sua importância nas habitações, na redução da humidade e do acúmulo de gelo nos períodos de Inverno, e na redução das temperaturas do sótão no Verão. Entretanto, estas são pontos de ingresso para partículas inflamadas carregadas com o vento, sendo que no projeto da habitação estas devem ser posicionadas de forma a mitigar ou reduzir a entrada destas partículas para o interior da habitação. O uso de grelhas de ventilação com aberturas de no máximo 3,2 mm (1/8”), é o recomendado pela norma australiana AS-3959.

As chaminés também podem ser apontadas como um ponto vulnerável, pois as partículas inflamadas são capazes de entrar por estas aberturas, principalmente pela ausência de uma grelha de proteção, sendo um dos aspetos comuns em eventos de incêndios na interface urbano florestal na Europa Mediterrânea (Xanthopoulos, 2003).

2.3.5. Decks e Varandas

Os decks podem ser incendiados por incêndios florestais em contato direto com as chamas (geralmente por baixo) ou ataque de fagulhas incandescentes (geralmente por cima). Uma vez que estes estejam a arder, podem expor a parede exterior da habitação ao impacto direto das chamas por maior período de tempo, resultando na ignição do revestimento externo da parede e/ou da quebra do vidro das janelas. Caso o deck ou o revestimento da parede for potencialmente combustível, estas chamas podem espalhar-se para os beirados (UCCE, 2023).

Existem alguns fatores que podem contribuir para a ignição do deck. Uma superfície não combustível ou componente estrutural nem sempre é o suficiente para prevenir a ignição. O fechamento da parte inferior do deck normalmente é utilizado para o armazenamento de materiais combustíveis, mas pode não ser a melhor opção, sob o aspeto de preservar os materiais. Com o passar do tempo a degradação dos materiais relacionada à humidade pode se tornar um problema.

As lacunas entre as tábuas do deck, no caso de serem de madeira, podem desempenhar um papel importante na ignição. Um deck com pequenos espaços entre as tábuas terá menos probabilidade de ter chamas espalhadas em sua superfície se comparado a um deck com as tábuas instaladas juntas umas às outras. No entanto, a ausência destes espaços aumenta o risco de acúmulo de água nas juntas, causando problemas de apodrecimento por fungos. A distância do deck ao solo também é importante. Os detritos sob os decks próximos ao solo são geralmente mais difíceis de remover, quando a altura destes for muito baixa e restringir o acesso para limpeza, e podem representar um risco à segurança contra incêndio.

2.3.6. Vulnerabilidade das habitações com o foco nos incêndios ocorridos em Portugal

De acordo com os dados obtidos após o grande incêndio florestal ocorrido em Pedrógão Grande, em 2017 (XXX), foi reportado que 64% das estruturas (das 991 estruturas avaliadas) foram ignizadas por meio do depósito de brasas incandescentes e que 74% das estruturas (das 888 estruturas avaliadas) foram ignizadas pela cobertura.

Em relatório produzido no âmbito do projeto ForestWise (Almeida M. *et al.*, 2021) apresentaram-se dados recolhidos por meio de inquérito em 291 habitações localizadas em áreas que foram ardidas nos incêndios florestais, em dezassete diferentes distritos de Portugal, apresentando uma amostra da realidade portuguesa em termos de edificado em zonas afetadas por incêndios florestais.

Os distritos que mais forneceram respostas ao inquérito foram os de Viseu (70), Coimbra (52), Faro (34), Santarém (16), Aveiro (14) e Guarda (14), totalizando 204 respostas. De acordo com a Carta de Perigosidade Estrutural 2020-2030 (ICNF, 2020), estes distritos apresentam áreas propensas aos incêndios florestais, enquadradas nas classes de perigosidade Alta e Muito Alta.

Foram apontados no relatório alguns componentes das habitações e os aspetos quanto a sua vulnerabilidade:

- **Janelas:** A maioria das construções continham vidros duplos nas janelas, com caixilharia em alumínio ou em PVC. Entretanto, mais de 30% das construções tem janelas com vidro simples com espessura inferior a 3 mm e sua caixilharia em alumínio. A grande maioria das construções apresentou persianas ou portadas. No entanto, 17% destas não apresenta qualquer tipo de proteção das suas janelas.
- **Portas exteriores:** neste tópico, assumiu-se que a porta que determinou a vulnerabilidade do edifício ao incêndio florestal era a que tinha a menor capacidade de resistência ao fogo, em razão de cada edificação ter mais de uma porta com exterior. Foi constatado que 50% das construções têm pelo menos uma porta com vidro simples e estas apresentam uma maior fragilidade, perante a presença de altas temperaturas e de ventos fortes (que promovem uma grande vibração do vidro), podendo conduzir à sua quebra, permitindo a entrada de partículas incandescentes e, eventualmente, a ignição de materiais no interior da habitação. A existência de folgas entre a porta e a sua armação, normalmente na parte inferior, podem permitir a entrada de fagulhas, e nas respostas obtidas, cerca de 111 construções apresentavam folgas de diferentes dimensões.
- **Coberturas:** A grande maioria apresenta uma cobertura com telha cerâmica tradicional. Existem vários relatos de casas ignificadas em episódios anteriores em que o vento, meteorológico ou convectivo, levantou as telhas, permitindo a entrada de partículas incandescentes. Cerca de 37% das construções não apresenta uma barreira resistente ao fogo na estrutura do telhado. A ausência desta barreira, como uma placa de betão, é de grande relevância para diminuir a vulnerabilidade do edifício ao ataque do incêndio vindo do exterior. Em torno de 7% das construções utilizaram uma cobertura do tipo “chapa sandwich”, que para a cobertura apresenta bom comportamento em termos de isolamento térmico, entretanto o núcleo isolante destes painéis em poliuretano não dispõe de bom comportamento em termos de reação ao fogo. Verificou-se que 40% das

construções pesquisadas não tem qualquer tipo de isolamento ou tem um isolamento não ignífugo, agravando a vulnerabilidade do edifício ao incêndio. Em 13% dos casos o beiral não se apresentava rematado à estrutura do telhado, facilitando a entrada de partículas incandescentes no interior do edifício.

2.3.7. Vulnerabilidade dos componentes das habitações

Após a recolha das principais questões que afetam a vulnerabilidade das habitações, a Tabela 1 apresenta uma síntese dos principais aspetos associados aos componentes das habitações.

Tabela 1 – Principais vulnerabilidades encontradas nas habitações

Componente da habitação	Aspectos de vulnerabilidade associada ao componente da habitação
Cobertura	O telhado, por conter uma grande área em superfície, é a parte da casa mais suscetível às fagulhas. Telhados com geometrias mais complexas, como aqueles que encontram paredes verticais ou incluem águas-furtadas, apresentam vulnerabilidades adicionais, pois podem acumular detritos e fagulhas.
Parede exterior	A parede exterior torna-se vulnerável quando exposta a chamas ou ao calor radiante por longos períodos. Pequenas aberturas juntas no revestimento destas paredes podem criar condições para a penetração de chamas pode ocorrer. O revestimento de parede com más condições de conservação ou deteriorado torna a parede externa vulnerável à penetração de chamas.
Janelas	O contato direto das chama e o calor radiante podem provocar a ruptura vidro. Janelas com maior área de vidro são mais vulneráveis. Janelas com caixilharia em material vinílico podem se deformar com o calor radiante e isto pode provocar a ocorrência de pequenas aberturas na janela.
Projeções e beirados	Dependendo do projeto, a projeção do beirado pode permitir que as fagulhas entrem pelas aberturas do sótão sob o beiral. Com a construção de um beirado aberto, as lacunas entre as pontas das vigas e o forro são pontos vulneráveis à entrada de fagulhas.
Grelhas de ventilação	As aberturas de ventilação tradicionais são vulneráveis a fagulhas e impacto de chamas. As fagulhas e partículas incandescentes que entram por estas aberturas no telhado, e nas aberturas do sótão podem inflamar materiais potencialmente combustíveis dentro da casa.
Caleiras	Folhas e pequenos galhos podem se acumular nas caleiras e em contato com as fagulhas podem inflamar. Isso também pode expor diretamente as bordas da cobertura e o beirado com o contato destas chamas.
Deck e varandas	Os materiais embaixo e em cima do piso deck podem ignizar por conta do contato com fagulhas ou chamas. Folhas e pequenos galhos podem acumular entre os espaços das tábuas do piso deck, criando pontos de ignição para partículas inflamadas. Se um piso deck pegar fogo, outras partes da casa podem ficar expostas às chamas por um longo período de tempo.
Cercas	Detritos ou vegetação em contato direto com a cerca podem proporcionar a sua ignição no caso de um incêndio florestal. Caso as cercas sejam constituídas de materiais combustíveis, estas estando em contato com as paredes da casa podem expor a construção ao impacto de chamas.

Componente da habitação	Aspectos de vulnerabilidade associada ao componente da habitação
Garagem	Produtos químicos e materiais inflamáveis são normalmente armazenados em garagens. Em muitas situações, estas garagens não são completamente fechadas e podem ter pequenas aberturas para passagem de ar onde as fagulhas de um incêndio florestal podem penetrar.

A investigação até aqui apresentada aponta que durante os incêndios florestais a maioria dos incêndios no edificado inicia-se por meio de pequenas ignições. As ignições têm a progressão lenta no início, podem encontrar condições para evoluir progressivamente por todo o edifício. Se estas pequenas ignições forem evitadas, os danos por incêndio na habitação podem ser menores e, portanto, controlar as fontes de ignição é uma das premissas básicas quando trata-se do caráter preventivista sob o aspeto da segurança contra incêndio, e retardar a ignição dos componentes externos da habitação aumenta a resiliência das estruturas e contribui com a redução dos danos nas habitações.

As fontes de ignição externas à habitação nas zonas de IUF podem ser facilitadas com o acúmulo de folhas e outros detritos antes e durante o incêndio florestal. Folhas secas e galhos acumulados nas proximidades das habitações são fontes que favorecem o início de ignições, e quando levados pela ação do vento, acumulam-se no exterior das habitações, contra as superfícies verticais e sobre elementos horizontais, sob os edifícios e no interior dos edifícios, através de frestas no telhado e nos revestimentos das paredes. Fagulhas e partículas inflamadas em chamas depositadas sobre o combustível fino acumulado podem ignizá-lo, iniciando-se as chamas e atingir outros materiais potencialmente combustíveis da habitação.

É importante destacar que para que esta ignição ocorra, nos pontos vulneráveis das habitações descritos na Tabela 1, é necessária a combinação de dois fatores. Um deles é a capacidade dos materiais associados aos componentes da habitação resistirem ao ataque térmico e o outro está relacionado com as condições de ignição destes materiais com o acúmulo de folhas e detritos adjacentes a estes componentes. A Figura 5 apresenta os principais pontos nas habitações em que se deve direcionar a atenção para a conceção do projeto arquetónico, de uma forma mais sistêmica, no sentido de evitar o acúmulo de folhas, galhos e detritos nas habitações.

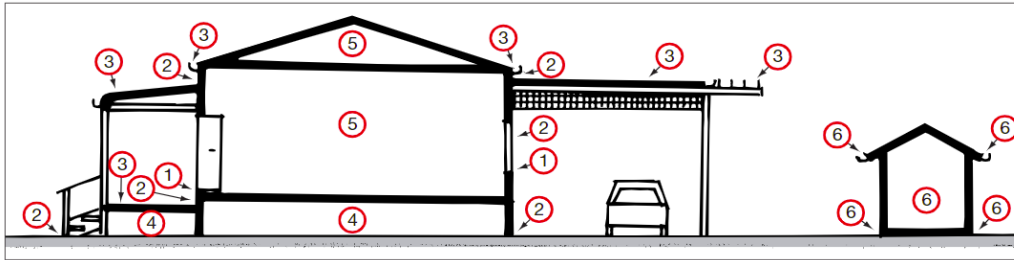


Figura 5: Pontos de acúmulo de folhas e detritos nas habitações (Ramsay and Rudolph, 2003)

1. **Em cantos reentrantes:** Os cantos reentrantes na planta de um edifício acumulam detritos onde eles confinam com superfícies horizontais, como o solo, decks, soleiras de portas e peitoris de janelas.
2. **Contra superfícies verticais:** Superfícies verticais, como paredes, portas, caixilhos de janelas, postes, rodapés e treliças, acumulam detritos onde encostam em superfícies horizontais ou quase horizontais, como o solo, telhados, varandas, decks, soleiras de portas e peitoris de janelas.
3. **Em superfícies horizontais ou quase horizontais:** Superfícies horizontais ou quase horizontais, como coberturas planas, varandas, calhas, decks, degraus, patamares, pérgolas, soleiras de portas e peitoris de janelas, podem acumular detritos, especialmente onde encostam em superfícies verticais, como paredes, portas, caixilhos de janelas e postes.
4. **Sob os edifícios:** O solo sob os edifícios acumula detritos onde encosta em superfícies verticais, como cêpos de árvores, postes de madeira, postes de aço e rodapés.
5. **No interior da habitação:** A cobertura e as áreas de vivência podem acumular detritos carregados com o vento por meio das aberturas, como vãos dentro e ao redor do revestimento da cobertura e caleiras, de vãos nas paredes, vãos sob as portas e se as janelas estiverem abertas.
6. **Ao redor, sobre, sob e dentro de estruturas de apoio:** As áreas onde os detritos podem se acumular são as mesmas descritas acima para as habitações.

2.4 Considerações finais

A destruição das habitações na Europa Mediterrânea, diante dos aspetos aqui apresentados, tem como resultado a penetração do incêndio no edifício através de aberturas ou pontos fracos, como janelas abertas, grelhas de ventilação, chaminés sem

tela de arame de proteção, telhas de telhados com vãos, telhas deslocadas ou mesmo quebradas, com acúmulo de vegetação morta.

Tais condições proporcionam a ignição dos materiais, tanto no exterior da habitação em contato direto com as partículas inflamadas acumuladas nos elementos de construção, quanto no interior desta, quando estas partículas inflamadas, carregadas pelo vento para interior da habitação, iniciam a ignição dos materiais potencialmente combustíveis dentro do edifício.

Destaca-se que a inserção de novos sistemas construtivos para a melhoria do desempenho das habitações em termos de conforto térmico e acústico, ao longo das últimas décadas, têm incorporado as novas habitações materiais potencialmente combustíveis e com menor desempenho em termos de comportamento ao fogo. Tais materiais, dependendo de qual o componente da habitação em que ele esteja inserido (parede externa, cobertura, portas e janelas, etc.) e quando forem submetidos aos mecanismos de ataque dos incêndios florestais, tem mais facilidade para ignição e propagação do incêndio. Ainda, caso as habitações contenham características equivalentes às citadas em termos de vulnerabilidade, os incêndios florestais podem ser ainda mais gravosos a estas habitações.

Portanto, é uma questão que merece atenção e requer um controle mais rigoroso dos materiais de construção e de sistemas construtivos que podem ser utilizados nas habitações que estejam inseridas em zonas de IUF, bem como a definição de prescrições de projeto de forma a mitigar pontos vulneráveis ao ingresso do incêndio florestal às habitações.

3. O COMPORTAMENTO AO FOGO DOS ELEMENTOS DE CONSTRUÇÃO

3.1. Considerações Iniciais

Com o objetivo de reduzir o risco de incêndio nas habitações, é importante avaliar o comportamento ao fogo dos materiais de construção, nas diferentes situações em que estes possam compor um cenário possível de incêndio. Para tanto, estes métodos de ensaio podem ser realizados em diferentes condições, com o objetivo de representar o fenômeno, mesmo que de forma parcial, para avaliar uma situação real ou padrão. Entre os métodos de ensaio que avaliam situações padrão, é possível distinguir os métodos de ensaio em tamanho real, em escala intermediária e em pequena escala (ou de bancada).

É importante ressaltar que, devido aos fenômenos físicos que ocorrem nos incêndios, é utópico querer representar completamente uma situação de incêndio por ensaios em modelos de dimensões reduzidas, sendo que os fatores de escala são diferentes quando

se trata de transferência de calor por radiação e por convecção. No entanto, alguns aspectos podem ser estudados, como as diferentes fases de desenvolvimento do incêndio.

Uma vez que a representação sistemática em escala real desses cenários não é economicamente viável, é necessário dispor de ensaios laboratoriais que reflitam o mais próximo possível certos aspectos do comportamento real de materiais, produtos e de sistemas construtivos em caso de incêndio. Todas as características que permitem avaliar o contributo de um material ou elemento construtivo diante de um incêndio, possam definir o comportamento ao fogo deste material ou do elemento construtivo.

Sob certas condições de ensaio, um material/produto/sistema construtivo pode ter a função de ser a fonte de ignição e propagação e em outro a função de ser a barreira à propagação do incêndio. Assim, foram desenvolvidos ensaios laboratoriais com finalidades específicas para avaliar o comportamento ao fogo com base em modelos físicos, tendo em conta cenários específicos.

Os ensaios para avaliação do comportamento ao fogo de um material ou de um sistema construtivo podem ser caracterizados pelo tipo de ataque térmico ao qual a amostra é submetida. O fluxo de calor radiativo, o contato direto com a chama ou a transferência de calor por convecção e possivelmente por condução, incluindo as condições ambientais, fixas ou variáveis, são representadas pelos parâmetros de cada método de ensaio.

Na avaliação dos resultados dos ensaios deve-se sempre observar qual é o método e o seu procedimento para ensaio, pois não há uma correlação direta entre métodos de ensaios desenvolvidos em diferentes bases técnicas (ex. correlação entre normas americanas e europeias para avaliar a reação ao fogo dos materiais). No contexto dos ensaios de comportamento ao fogo, é importante destacar os dois principais conceitos em termos de medidas de proteção passiva contra a ação do incêndio no edificado. No caso, estamos nos referindo as exigências relativas a reação e a resistência ao fogo.

A reação ao fogo corresponde a verificação da propagação e o desenvolvimento do incêndio provocado pela combustão do produto, por meio das observações e das medições de determinadas características. As três principais características que são avaliadas, separadamente ou simultaneamente, são: incombustibilidade, inflamabilidade, propagação de chamas e a taxa de libertação de calor (Heat Release Rate). Tais avaliações podem ser complementadas com medições relacionadas aos produtos da combustão, como a opacidade e a toxicidade dos fumos. Vale destacar que todas essas características são fortemente dependentes das condições de combustão. Por exemplo, metais leves (alumínio ou magnésio) podem ser considerados

incombustíveis em algumas condições de ensaio, mas podem ser considerados combustíveis em condições de queima enriquecidas com oxigênio e em altas temperaturas.

A resistência ao fogo refere-se a o tempo durante o qual o produto pode desempenhar a sua função, tendo em conta a ação do incêndio e sua avaliação abrange três características principais: capacidade de suporte à carga (integridade estrutural); estanquidade às chamas e gases quentes; e isolamento térmico. Podem ser adicionadas outras características à avaliação de resistência ao fogo, como por exemplo, resistência à radiação.

Destaca-se que a grande maioria dos cenários considerados para avaliação do comportamento ao fogo, seja para resistência ao fogo quanto para reação ao fogo são cenários em que o desenvolvimento do foco de incêndio acontece no interior do edifício.

Portanto, em algumas normas e códigos que serão citadas no item 4 deste relatório, os materiais que podem ser aplicados em áreas propensas a incêndios florestais são avaliados por métodos de ensaio que consideram configurações de exposição ao fogo distintas, incluindo a aplicação de chama direta e/ou de radiação por meio de painel radiante aos provetes, tendo em conta determinados valores de fluxo de calor e de tempo de exposição ao qual se deseja avaliar o material ou o sistema construtivo, no sentido de reproduzir a evolução do incêndio florestal durante um determinado período de tempo.

3.2. Objetivos para a Segurança contra Incêndio nas habitações em áreas urbanas

De forma geral, os objetivos para a segurança contra incêndio nos edifícios são necessários de forma a definir o nível de desempenho a ser alcançado, e podem ser distintos em função da sua ocupação, do risco, relação custo/benefício, estatísticas etc. Tais objetivos também dependem de quais são as medidas para segurança contra incêndio consideradas para a edificação, incluindo a sua fiabilidade e qualidade de implantação.

Algumas questões básicas podem ser colocadas nesta etapa, como:

- O objetivo é limitar o princípio de incêndio?
- O objetivo é limitar o crescimento rápido do incêndio?
- O objetivo é o limitar o desenvolvimento da inflamação generalizada (flashover)?

O sistema de classificação de reação ao fogo na Europa, no caso as Euroclasses de reação ao fogo, tem como base a última questão apontada acima (Vahabi, Reza Saeb and Malucelli, 2022).

A norma ISO 23932-1 (2018) fornece princípios gerais para uma metodologia baseada em desempenho para os engenheiros avaliarem o nível de segurança contra incêndio dos ambientes construídos novos ou existentes, por meio de uma abordagem de engenharia baseada na quantificação do comportamento ao fogo e das pessoas e baseada no conhecimento das consequências da ocorrência de um incêndio na segurança dos ocupantes, da propriedade e do meio ambiente. Esta abordagem envolve o estudo aprofundado do risco de incêndio e a definição dos objetivos e respetivos critérios de desempenho.

Nos regulamentos vigentes, os objetivos de segurança contra incêndio são prescritivos e incorporam diversos aspetos históricos, com justificativas muitas das vezes perdidas no tempo. Grande parte do progresso destas disposições regulamentares relacionadas com a segurança contra incêndios são incluídas face às ocorrências de incêndios relevantes ou mediáticos e cujas análises podem, em muitas das situações, serem insuficientes sobre o efeito real das medidas que deveriam ser tomadas.

A Tabela 2 apresenta a relação entre as medidas básicas para a reação ao fogo e a resistência ao fogo dos materiais e elementos de construção, incluindo as medidas ativas, com os objetivos que se almejam para a segurança contra incêndio no edificado. As células em azul marcam quando o parâmetro não é necessário, as amarelas quando o parâmetro pode ser usado opcionalmente e as verdes onde o parâmetro deve ser avaliado.

Tabela 2 – Medidas básicas de segurança contra incêndio versus objetivos para edifício seguro contra incêndios (Adaptado de Vahabi, Reza Saeb and Malucelli, 2022).

Medidas para segurança contra incêndio nos edifícios		Limitar o início do incêndio	Limitar a propagação do incêndio	Limitar a ocorrência da inflamação generalizada (<i>Flashover</i>)	Permitir a evacuação segura dos ocupantes	Restabelecer as atividades no edifício	Restringir os danos aos bens do edifício
Reação ao Fogo	Incombustibilidade						
	Ignitabilidade						
	Propagação das chamas						
	Taxa de libertação de calor						
	Opacidade dos fumos						
	Toxicidade dos fumos						
Resistência ao Fogo	Estabilidade						
	Estanquidade						
	Isolamento Térmico						

O tempo é um parâmetro importante para os cenários de incêndio, e são caracterizados por três fases temporais:

- i. a evacuação dos locais/compartimentos onde iniciou o incêndio;
- ii. as condições de combate ao incêndio e;
- iii. a evacuação do restante da estrutura (em paralelo ou posterior às duas primeiras).

As premissas básicas, dentro deste contexto, é de que o princípio de incêndio seja limitado, ou seja, ter menos condições de se propagar, e ficar restrito a, normalmente a um ou dois compartimentos. As medidas relativas à reação ao fogo são principalmente incorporadas para atender às duas primeiras fases.

As medidas relativas à resistência ao fogo abrangem sobretudo os dois últimos objetivos (restabelecer as atividades no edifício e restringir os danos aos bens e ao edifício), bem como requisitos adicionais ou equipamentos como sistemas de sprinklers podem permitir, em última análise, a salvar o edifício (Vahabi, Reza Saeb and Malucelli, 2022). Para a melhoria da resiliência das habitações frente aos eventos de incêndios florestais, as medidas de proteção contra o incêndio devem-se concentrar, essencialmente, nas medidas de proteção passiva, uma vez que tais medidas reagem passivamente (sem atuação humana) contra os estímulos do incêndio, e devem desempenhar o seu caráter protetivo perante uma situação de incêndio.

Há duas fases distintas que envolvem esta abordagem: a fase de concepção e construção da habitação e a fase de uso normal da habitação por parte de seus ocupantes. Na primeira, no caso a concepção da habitação, deve-se pensar em estabelecer materiais e sistemas construtivos com melhor comportamento frente aos incêndios florestais. Ramsay and Rudolph (2003) descrevem que uma concepção mais robusta do projeto das habitações no sentido em que as soluções construtivas exijam o mínimo de ações de manutenção e tenham maior durabilidade, tornam a habitação mais resistente a ação dos incêndios florestais. Algumas opções que se enquadram neste aspecto, são: paredes em alvenaria, decks em betão, coberturas inclinadas com água única ou duas águas sem reentrâncias.

O segundo momento, o qual envolve a atuação dos ocupantes do edifício, é a realização de intervenções para a manutenção das habitações. Estas intervenções incluem ações no sentido de evitar acúmulo de detritos, de acondicionar materiais combustíveis de forma a evitar a sua ignição por meio de fontes de calor exteriores e de que os sistemas construtivos das habitações sejam mais resistentes aos ataques de incêndios florestais.

3.3. Objetivos para a Segurança contra Incêndio (SCI) nas habitações frente aos incêndios florestais

Tendo em conta a complexidade dos mecanismos de ataque dos incêndios florestais às habitações e as vulnerabilidades destas perante estes eventos, ambas apresentadas no item 2 deste relatório, torna-se necessária uma abordagem distinta da existente para os incêndios urbanos, uma vez que o incêndio florestal se desenvolve de forma distinta, do exterior para o interior da habitação.

Esta abordagem leva em consideração alguns objetivos de segurança contra incêndio a serem atingidos por meio da aplicação de princípios de projeto, os quais vão dar o suporte às soluções que devem ser inseridas nas habitações, sendo esta proposta colocada por Ramsay and Rudolph (2003).

Os quatro objetivos que devem ser observados nos projetos das habitações, segundo a proposta, são:

- Reduzir as ignições por fagulhas e detritos em combustão impulsionados pelo vento;
- Reduzir as ignições pelos efeitos do calor radiante;
- Reduzir as ignições por contato direto com a chama;
- Reduzir os danos causados pelo vento.

Os quatro princípios que podem ser aplicados para elaboração dos projetos de forma a cumprir os objetivos, consideram as seguintes premissas:

- Reduzir os pontos de acúmulo de fagulhas e de detritos;
- Reduzir o uso de materiais combustíveis na envolvente externa;
- Evitar a entrada de fagulhas e de partículas inflamadas carregadas com o vento;
- Proporcionar a continuidade dos serviços públicos essenciais (água, energia elétrica, telefone, TV)

A Tabela 3 apresenta a relação entre os objetivos que devem ser atingidos e os princípios de projeto para que as habitações em zonas de IUF sejam mais resilientes ao ataque dos incêndios florestais.

Tabela 3 – Objetivos de SCI versus princípios de projeto para habitação mais segura frente aos incêndios florestais (Adaptado de Ramsay and Rudolph, 2003).

Objetivos (O) \ Princípios (P)	P1: Reduzir os pontos de acúmulo de fagulhas e de detritos	P2: Reduzir a utilização de materiais combustíveis na envolvente exterior	P3: Evitar o ingresso de fagulhas e partículas inflamadas carregadas com o vento	P4: Proporcionar a continuidade dos serviços públicos essenciais
O1: Reduzir as ignições por fagulhas e detritos em combustão impulsionados pelo vento	✓	✓	✓	✓
O2: Reduzir as ignições pelos efeitos do calor radiante	-	✓	-	✓
O3: Reduzir as ignições por contato direto com a chama	✓	✓	-	✓
O4: Reduzir os danos causados pelo vento	-	-	✓	-

Os pormenores construtivos devem ser elaborados aplicando-se os princípios de projeto a cada um dos componentes da habitação de forma a atender os objetivos previamente estabelecidos. Deve-se destacar que esta abordagem é considerada nos documentos *AS-3959 – Construction of Buildings in a Bushfire-prone Areas* e do *Standards Australia Handbook, SA.HB36 (1193) – Building in Bushfire-prone Areas*.

3.4. Classificação dos produtos da construção quanto o seu comportamento ao fogo

O comportamento do fogo deve ser avaliado de forma a reproduzir o mais próximo possível as condições de utilização final do material ou sistema construtivo. No entanto, pode ser impraticável, dependendo do material ou sistema construtivo, reproduzir todas as condições conhecidas, para o uso final. Os sistemas construtivos são feitos de conjuntos de produtos que podem ser decompostos em materiais individuais, e tais materiais podem interagir em cada escala.

Por exemplo, produtos multicamadas normalmente não se comportam como a soma de seus componentes individuais. A montagem de um sistema construtivo de parede de fachada é impulsionada por estrutura de suporte, pormenores de montagem e fixações. Esta é uma situação que a escala do ensaio (se de bancada, intermédio ou de escala real) é sensível e influencia os parâmetros de desenvolvimento e propagação do incêndio. Dependendo da escala do método de ensaio, podemos classificar os ensaios para

ensaios em material, ensaio para produto ou ensaio em sistema construtivo, incluindo as premissas e limitações que são declaradas nos relatórios de ensaio.

3.4.1. Regulamento de produtos de construção na União Europeia

Na Europa, os métodos de ensaio foram harmonizados para permitir o comércio dos produtos de construção. Os requisitos ainda são definidos nacionalmente, pois dependem de regulamentos de segurança contra incêndios, mas os métodos de teste que definem o desempenho dos produtos são os mesmos. A definição atual de produtos de construção e regras associadas para apoiar a marcação CE são definidas no Regulamento de Produtos de Construção Nº 305/2011, o qual insere o enquadramento da reação ao fogo no mercado da construção europeia.

O desenvolvimento dos novos ensaios e classificações associadas na Europa foi estabelecido inicialmente na década de 90, buscando estabelecer equivalências entre as classificações francesa, alemã e britânica. Posteriormente foi estabelecida uma abordagem para uma classificação mais harmonizada, considerando um cenário de referência baseado na limitação do tempo para se atingir a inflamação generalizada (*flashover*), sendo escolhido o *Room Corner Test* previsto na norma ISO 9705-1. A partir disto, foram produzidas uma série de normas EN 13501 e implementadas no âmbito da Comunidade Europeia com o objetivo de estabelecer a classificação do desempenho ao fogo em produtos e em elementos de construção, buscando uma harmonização no mercado comum europeu, divididas conforme segue:

- Parte 1: Classificação utilizando resultados de ensaios de reação ao fogo.
- Parte 2: Classificação utilizando resultados de ensaios de resistência ao fogo (excluindo sistemas de ventilação).
- Parte 3: Classificação utilizando resultados de ensaios de resistência ao fogo de componentes de instalações correntes (sistemas distintos de controlo de fumo).
- Parte 4: Classificação utilizando resultados de ensaios de resistência ao fogo de componentes de sistemas de controlo de fumo.
- Parte 5: Classificação utilizando resultados de ensaios de exposição ao fogo exterior de coberturas

Conforme o regulamento do CEN²/CENELEC³ a série de normas EN 13501 tem a abrangência de implantação nos organismos nacionais de normalização dos seguintes

² European Committee for Standardization - <https://www.cencenelec.eu/about-cen/>

³ European Committee for Electrotechnical Standardization - <https://www.cencenelec.eu/about-cenelec/>

países: Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Espanha, Finlândia, França, Grécia, Irlanda, Islândia, Itália, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Baixos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suécia e Suíça.

3.4.2. As Euroclasses de reação ao fogo

A norma EN 13501-1 estabelece os ensaios laboratoriais necessários para classificar a reação ao fogo dos materiais de construção conforme a sua aplicação, sendo incluídos dois quadros de classificação, um que envolve os produtos de construção de forma geral e exclui os revestimentos de piso e outro envolve os revestimentos de piso exclusivamente. Tal razão se faz porque o desenvolvimento do incêndio na parede e no teto ocorre de maneira distinta do que no piso, e portanto, os parâmetros utilizados para avaliar e classificar os materiais conforme a aplicação são distintos.

Os ensaios laboratoriais estabelecidos para a avaliação da reação ao fogo e sua posterior classificação segundo a EN 13501-1 são:

- a) **Ensaio de ignitabilidade segundo a ISO 11925-2:** avalia a capacidade do produto de ignizar quando submetido a uma pequena chama.
- b) **Ensaio de incombustibilidade de acordo com a ISO 1182:** avalia se o produto não contribui de forma significativa para o desenvolvimento do incêndio.
- c) **Ensaio para determinação do Poder Calorífico Superior (PCS) de acordo com a norma ISO 1716:** determina o poder calorífico de combustão de um produto em condições de combustão completa (rica em oxigênio).
- d) **Ensaio do objeto isolado em combustão ou *Single Burning Item (SBI)* segundo a EN 13823:** avalia a contribuição do produto para o crescimento do incêndio a partir de um foco de incêndio isolado no canto do provete.
- e) **Ensaio para propagação do incêndio em revestimentos de pisos segundo a EN ISO 9239-1:** avalia qual é o fluxo radiante crítico para a ocorrência de chama sustentada sobre uma superfície horizontal.

A combinação dos resultados desses ensaios é usada para determinar a classificação da reação ao fogo de um material de construção conforme a sua aplicação. Os materiais e produtos da construção podem ser classificados de forma complementar quanto à produção de fumo (s), sendo: s_1 para baixa, s_2 intermédia e s_3 sem limite de produção de fumo; e quanto a gotas e partículas inflamadas (d), sendo: d_0 a ausência de gotas ou partículas inflamadas, d_1 quando a queda ou partículas em chamas tem duração inferior a 10 segundos, e d_2 quando a queda ou partículas em chamas persistem por mais de 10 segundos.

A norma EN 13501-1 também distingue produtos homogêneos (material único com composição uniforme em todo o produto) de produtos heterogêneos. Para a aplicação da marcação CE, os detalhes, incluindo condições de ensaio, montagem e fixação dos provetes, são abordados nas normas do produto, em cada um dos produtos de construção. Por exemplo, uma Euroclasse pode abranger várias espessuras ou várias cores de um determinado produto. A Tabela 4 aponta alguns exemplos de materiais de construção e respectivas classes de reação ao fogo segundo a EN 13501-1. Vale lembrar que estas referências são orientativas. A confirmação destas classes de reação ao fogo devem ser consultadas na ficha técnica de produto fornecida pelo fabricante para aferição da respectiva classe de reacção ao fogo conforme a sua aplicação no edifício.

Tabela 4 – Relação entre as classes de reação ao fogo para produtos de construção, com exceção dos revestimentos de piso e as situações de incêndio de referência (Adaptado de Rocha, J.A., 2017)

Classe	Exemplos de materiais	Contribuem para a ocorrência de inflamação generalizada (<i>Flashover</i>) e em quanto tempo
F	EPS (sem retardantes). Algumas espumas fenólicas. Produtos ou materiais não testados ou que falharam a Classe E de reacção ao fogo.	Sim. Falha precoce do produto (contribuição imediata). Produto sem desempenho determinado
E	Polímeros sintéticos. Revestimentos têxteis. EPS ignifugados com retardantes de chama. PUR e PIR laminado. PIR projectado. Placas de aglomerado de fibra de madeira de baixa densidade.	Sim. Em tempo menor que 2 min.
D	Madeira, painéis de madeira, MDF. Produtos de madeira com espessura superior a 10 mm e densidade superior a 400 kg/m ³ (dependendo do uso final). Maioria das espumas PIR, PIR com acabamento metálico. EPS (tipo A), XPS. Vinil de aplicação em pano de parede (impressão fotográfica). Placas de aglomerado de fibra de madeira.	Sim. Entre 2 a 10 min.
C	Algumas espumas PIR. Maior parte dos MDF resistentes ao fogo. Contraplacados. Espumas fenólicas com acabamento metálico.	Sim. Entre em 10 a 20 min
B	Gesso cartonado (revestimento mais espesso do que os produtos classificados como Classe A2), alguns MDF resistentes ao fogo. Alguns tipos de contraplacados. Produtos de madeira ignifugados com retardantes. Algumas espumas fenólicas. Polímeros ignifugados com retardantes.	Não.
A2	Produtos similares aos de classe A1, mas que incorporam quantidades de componentes orgânicos ⁴ . Gesso cartonado (cartão de reduzida espessura). Placas de aglomerado com partículas de madeira ligadas por cimento. Algumas lâs de rocha ou lâs minerais com acabamento metálico.	Não.
A1	Pedras naturais, betão, argamassas com ligantes inorgânicos, cerâmicos, vidro, aço ⁵ , alumínio ⁴ , argilas, gesso, lâ de rocha, lâ de vidro e lâ mineral.	Não

⁴ Nenhum dos materiais pode conter mais de 1%, em massa ou em volume, de matérias orgânicas distribuídas de forma homogênea.

⁵ Excluindo as formas finamente divididas.

3.5. Exigências para habitações na regulamentação portuguesa

A atual legislação de segurança contra incêndio em edifícios em Portugal, foi publicada em 12 de Novembro pelo Decreto-Lei nº 220/2008 – Regime Jurídico da Segurança Contra Incêndios (RJ-SCI) e em 29 de Dezembro com a Portaria nº 1532/2008 – Regulamento Técnico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios (RT-SCIE) e posteriormente alterado em 2 de Junho com a Portaria 135/2020 – Alteração ao RT-SCIE aprovado pela Portaria nº1532/2008, agrupando-se um conjunto de diplomas legais, incluindo uma uniformidade crescente das exigências em função da categoria de risco dos edifícios, colmatando-se num único regulamento condições específicas e exceções para doze Utilizações-Tipo (UT)⁶ de edifícios. Em relação às habitações, as mesmas enquadram-se na UT I - Habitacionais, definida no RJ-SCIE: *“corresponde a edifícios ou partes de edifícios destinados a habitação unifamiliar ou multifamiliar, incluindo os espaços comuns de acessos e as áreas não residenciais reservadas aos usos exclusivos dos residentes”*.

3.5.1. Reação ao Fogo

Em termos de reação ao fogo, os materiais dos elementos de construção como as fachadas, coberturas em terraço, as coberturas inclinadas e os elementos de ventilação e iluminação (clarabóias) das habitações tem que atender ao disposto nas exigências mínimas descritas no RT-SCIE, descritas nos tópicos a seguir:

- **Parede de fachada com o exterior:** As exigências estão inseridas no Capítulo II – Limitações à propagação do incêndio pelo exterior, Art.nº7 – Paredes exteriores tradicionais, nº10: *“O disposto no quadro III não se aplica a edifícios de habitação unifamiliar isolados, nos quais as classes de reação ao fogo dos revestimentos exteriores aplicados diretamente sobre as fachadas, dos elementos transparentes das janelas e de outros vãos, da caixilharia e dos estores ou persianas exteriores, deve ser, no mínimo, da classe E”*.
- **Coberturas em terraço:** As exigências estão inseridas no Capítulo II – Limitações à propagação do incêndio pelo exterior, Art. 10º – Coberturas, 11º: *“Os revestimentos das coberturas em terraço, sem prejuízo do indicado no n.º 6, devem ter uma classe de reação ao fogo mínima igual a indicada no quadro VI”*. Para edifícios com altura até 28 m a classe mínima de reação ao fogo a ser considerada, conforme o quadro VI do RT-SCIE, é a classe E.

⁶ Utilizações-tipo: classificação do uso dominante de qualquer edifício ou recinto, incluindo os estacionamento, os diversos tipos de estabelecimentos que recebem público, os industriais, oficinas e armazéns, em conformidade com o Art. 8º do RJ-SCI

- **Coberturas inclinadas:** As exigências estão inseridas no Capítulo II – Limitações à propagação do incêndio pelo exterior, Art. 10º – Coberturas, 12º “Os componentes constituintes do revestimento exterior de coberturas inclinadas devem ser, no mínimo, da classe de reação ao fogo C-s2, d0”.
- **Elementos de ventilação e iluminação (Claraboias):** As exigências estão inseridas no Capítulo II – Limitações à propagação do incêndio pelo exterior, Art. 10º – Coberturas, 13º: “O disposto no quadro III não se aplica a edifícios de habitação unifamiliar isolados, nos quais as classes de reação ao fogo dos revestimentos exteriores aplicados diretamente sobre as fachadas, dos elementos transparentes das janelas e de outros vãos, da caixilharia e dos estores ou persianas exteriores, deve ser, no mínimo, da classe E”.

O RT-SCIE não faz referência a utilização da norma EN 13501-5: *Fire classification of construction products and building elements - Part 5: Classification using data from external fire exposure to roofs tests*. Esta norma trata da classificação dos sistemas de coberturas por meio dos resultados de ensaios de exposição ao fogo conforme os métodos de ensaio da norma CEN/TS 1187 *Test methods for external fire exposure to roofs*, sendo estas normas harmonizadas para a classificação e ensaios em sistemas de coberturas em âmbito europeu.

3.5.2. Resistência ao Fogo

A resistência ao fogo de um produto da construção (material, elemento ou componente isolado, módulos de sistemas pré-fabricados ou instalações) pode ser estimada por meio de ensaios laboratoriais normalizados. Os produtos de construção são submetidos a condições e temperaturas reais, sendo definido um tempo desejado para o ensaio, em minutos, e durante o ensaio observa-se o comportamento do provete até o momento em que este deixa de cumprir as exigências funcionais para o qual foi projetado (Silva, 2010).

As classes de resistência ao fogo, segundo o RJ-SCI, são as seguintes:

- R – Capacidade de suporte de carga;
- E – Estanqueidade 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.

Estão associadas nove categorias às classes acima apresentadas, sendo que cada categoria deve estar associada a um escalão de tempo, o qual representa a duração em minutos que foi obtida no ensaio normalizado (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.

O gráfico apresentado da Figura 5 ilustra a temperatura que é desenvolvida ao longo do tempo de ensaio no elemento de construção que é avaliado durante um ensaio de resistência ao fogo. A curva amplamente utilizada para avaliar a resistência ao fogo de estruturas de betão e materiais de construção civil para incêndios originados por materiais celulósicos é a curva descrita na norma *EN 1363-1 : Fire resistance tests – Part 1: General Requirements*, definida na norma ISO 834-1 (ISO 834-1, 2014).

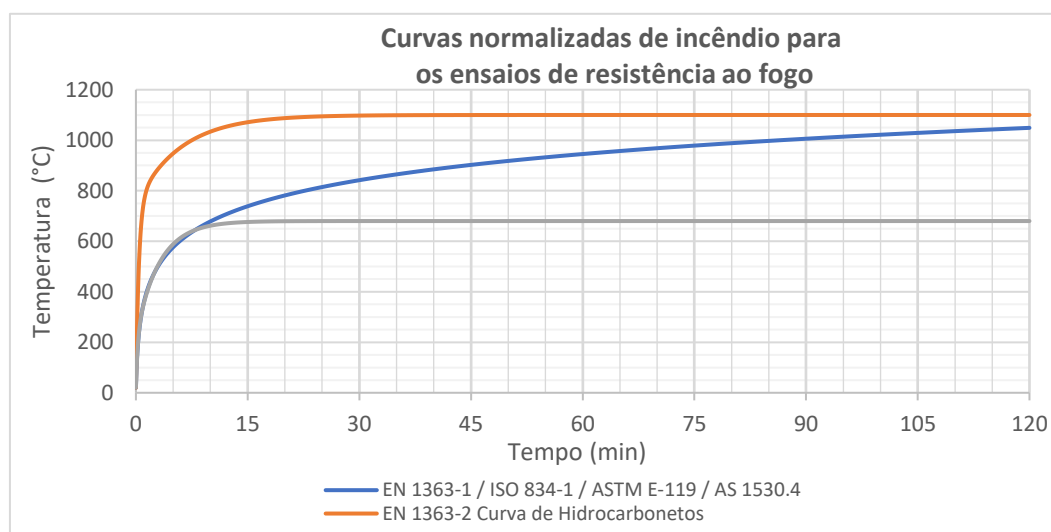


Figura 5 – Curvas de incêndio normalizadas para ensaios de resistência ao fogo

Em termos de resistência ao fogo, estão descritas a seguir as observações e exigências mínimas no RT-SCIE para os elementos de construção como as fachadas, coberturas em terraço, as coberturas inclinadas e os elementos de ventilação e iluminação (claraboias) nas habitações:

- **Parede de fachada com o exterior:** Não são feitas exigências no RT-SCIE correspondentes a resistência ao fogo das paredes exteriores das habitações unifamiliares com piso único, nas situações em que o afastamento entre edifícios seja superior a 4 m. No caso de o afastamento ser inferior a 4 m, a resistência ao fogo a verificar no elemento confrontante da habitação com o edifício adjacente, deverá ser de, no mínimo EI 60, a qual está apontada no item Capítulo II – Limitações à propagação do incêndio pelo exterior, Art. 7º – Coberturas, 8º, alínea a).
- **Coberturas em terraço e coberturas inclinadas:** Não são feitas exigências no RT-SCIE correspondentes a resistência ao fogo das paredes exteriores das habitações unifamiliares com piso único.
- **Elementos de ventilação e iluminação (Claraboias):** Não são feitas exigências no RT-SCIE correspondentes a resistência ao fogo das paredes exteriores das habitações unifamiliares com piso único.

3.6. Aspectos de projeto para tornar a habitação mais segura diante dos incêndios florestais

Considerando os objetivos propostos para a Segurança Contra Incêndio nas habitações apresentados e a sua relação com os princípios de projeto que podem ser aplicados para a melhoria da habitação frente às ameaças dos incêndios florestais, os componentes da habitação vulneráveis a estes eventos e que foram consolidados no item 2.4 deste relatório, podem ser aprimorados no âmbito do projeto do edifício. Sendo uma nova habitação ou a remodelação de uma habitação existente, existem aspectos do projeto que podem contribuir para a melhoria do seu desempenho durante os eventos de incêndio florestal e cumprir com os objetivos almejados para a SCI. Em algumas situações de projeto, vários elementos problemáticos associados aos componentes da habitação podem ser resolvidos com uma visão mais ampla e sistêmica da questão.

Por exemplo, uma cobertura com geometria e formas complexas e que tenha reentrâncias internas, o uso de caleiras internas, juntas difícil acesso e numerosos pontos de acúmulo de material vegetal morto, podem ser substituídas por uma cobertura com plano inclinado simples, e todas as águas da cobertura inclinadas para fora, utilizando-se as caleiras próximas ao beirado de forma externa.

Em cada componente da habitação, as alternativas de projeto tiveram como base os objetivos e princípios relevantes para a sua conceção, conforme apresentado na Tabela 3 deste relatório. Pode ser que alguns princípios de projeto não são aplicáveis a todos

os objetivos. Por exemplo, reduzir o ingresso de fagulhas e partículas incandescentes (P3) não tem efeito representativo na redução do ataque por contato direto da chama (O3).

Em alguns casos, uma opção de projeto pode ter a capacidade de eliminar completamente a vulnerabilidade à ignição ou a ocorrência de danos. Em outros, uma opção pode apenas reduzir a vulnerabilidade sob aquele aspeto. A eliminação é sempre preferível a redução. Por exemplo, a ignição em espaços subterrâneos pode ser eliminada pelo uso de construção de laje no solo, enquanto o fechamento dos espaços subterrâneos pode apenas aliviar a vulnerabilidade.

A Tabela 9 consolida os principais componentes da habitação e respetivas soluções que podem ser utilizadas em novos projetos ou na remodelação de edifícios existentes, com base nos objetivos de SCI a atingir e os princípios de projeto utilizados para a melhoria da resiliência das habitações aos incêndios rurais. No seguimento à respetiva tabela, estão descritos os aspetos que devem ser considerados em cada uma destas soluções, nos itens 3.6.1 a 3.6.7, tendo em conta o cenário de aplicação australiano e trazendo algumas questões que se aplicam à realidade das habitações portuguesas instaladas em zonas propensas a incêndios florestais.

Tabela 9 – Descrição das alternativas de projeto (AP)

Componente da Habitação	Descrição da Alternativa de Projeto (AP) proposta para o componente da habitação		Objetivos de SCI a atingir (O1 a O4)	Princípios de Projeto Utilizados (P1 a P4)
Geometria da envolvente exterior	AP1.1	Use uma forma plana com o menor número possível de cantos reentrantes	O1	P1
	AP1.2	Utilizar materiais de construção com característica não combustível	O1	P2
Geometria da cobertura	AP2.1	Tornar o perfil da cobertura o mais simples possível	O1	P1
	AP2.2	Utilizar materiais não combustíveis em pontos de acúmulo de fagulhas e partículas em chamas	O1	P2
Revestimento da cobertura	AP3.1	Substituir ou proteger componentes de madeira em áreas onde fagulhas e partículas inflamadas possam acumular	O1	P2
	AP3.2	Instalar manta de isolamento contra humidade e vento	O1	P3
	AP3.3	Realizar a vedação de pequenas aberturas na cobertura	O1	P3
	AP3.4	Proteger as clarabóias nas coberturas	O1	P3

Componente da Habitação	Descrição da Alternativa de Projeto (AP) proposta para o componente da habitação		Objetivos de SCI a atingir (O1 a O4)	Princípios de Projeto Utilizados (P1 a P4)
	AP3.5	Projetar e construir a estrutura da cobertura e seu revestimento contra a ação de ventos extremos	O4	P3
Caleiras e tubos de queda para águas pluviais	AP4.1	Eliminar as caleiras da cobertura	O1	P1
	AP4.2	Evitar a utilização de caleiras estreitas	O1	P1
	AP4.3	Instalar caleiras visíveis e acessíveis à manutenção	O1	P1
	AP4.4	Instalar tampas ou filtros sobre as caleiras na cobertura para reduzir a entrada de detritos	O1	P4
	AP4.5	Disponibilizar o bloqueio dos tubos de queda e preencher as caleiras com água	O1	P4
Varandas, decks, degraus, patamares, pérgulas e treliças	AP5.1	Eliminar os pontos de transição vulneráveis	O1	P1
	AP5.2	Eliminar ou reduzir o uso de estruturas externas interligadas à habitação	O1	P1
	AP5.3	Utilizar materiais de construção com característica não combustível	O1, O2 e O3	P2
	AP5.5	Separar as estruturas externas da habitação	O1, O2 e O3	P2
Paredes Externas	AP6.1	Eliminar ou reduzir os pontos vulneráveis	O1	P1
	AP6.2	Realizar a pintura da madeira (quando for de revestimento externo)	O1	P1
	AP6.3	Utilizar materiais de construção com característica não combustível	O1, O2 e O3	P2
	AP6.4	Instalar manta de isolamento contra humidade e vento	O1	P3
Portas e Janelas	AP7.1	Proteger soleiras de portas e peitoris de janelas	O1	P1
	AP7.2	Usar vidro especial para evitar rutura	O1, O2, O3 e O4	P3
	AP7.3	Utilização de persianas e estores para evitar rutura dos vidros	O1, O2, O3 e O4	P3
	AP7.4	Use telas de proteção contra insetos em malha de metal para evitar rutura dos vidros	O1, O2, O3 e O4	P3
	AP7.5	Instalar vedações à base das portas	O1	P3

3.5.1 Geometria da envolvente exterior

As decisões sobre a geometria da planta do edifício são no início de um programa arquitetônico ou quando há alterações ou acréscimos de espaços. De modo geral, uma forma de uma planta mais simples, com menos cantos e reentrâncias, tem o potencial de eliminar pontos de ignição.

- **AP1.1 - Desenvolver a planta do edifício com o menor número possível de cantos reentrantes:** A planta de um edifício simples com o menor número de cantos reentrantes é preferível, pois podem ocorrer ignições nesses cantos reentrantes quando as bordas inferiores das paredes encontram as superfícies horizontais, como o solo ou o topo de um deck ou varanda. Ver Figura 6.

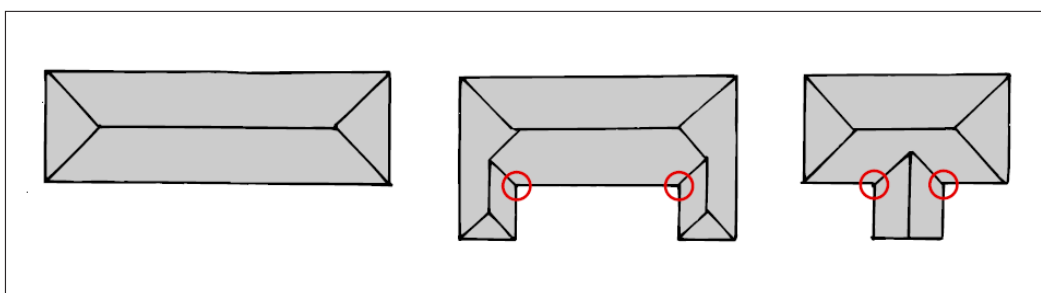


Figura 6 – Simplificação da planta – cantos reentrantes (Ramsay and Rudolph, 2003)

- **AP1.2 - Utilizar materiais não combustíveis nos cantos reentrantes:** As questões que envolvem os cantos reentrantes podem ser equacionadas com o uso de materiais incombustíveis nestas situações. No entanto, plantas arquitetônicas com geometrias complexas e com cantos reentrantes podem levar a soluções de coberturas complexas e que resultem em condições favoráveis para a acumulação de detritos.

3.6.1. Perfil da cobertura

O perfil da cobertura é em grande parte influenciado pela geometria da planta de um edifício. No entanto, há situações em que são desnecessariamente complicados e podem ser projetados de maneira mais simples.

Um perfil de cobertura mais complexo trará consigo uma série de pormenores que se traduzem em potenciais pontos de ignição. O objetivo a ser atingido é que a cobertura tenha a capacidade de escoar com facilidade os detritos e o acúmulo de vegetação morta, portanto, as coberturas com maior inclinação são mais capazes de atingir este objetivo.

- **AP2.1 - Simplificar o perfil da cobertura:** É possível obter inclinando-se toda a cobertura para fora de forma contínua, evitando as quebras no perfil. As caleiras internas e nos parapeitos normalmente são mais propensas a acumularem os detritos e as fagulhas, especialmente se as árvores estiverem sobre a projeção do edificado ou se estiverem próximas ao mesmo. A Figura 7 mostra alguns perfis de cobertura indesejáveis (marcados em vermelho) e como estes podem ser simplificados em termos de projeto.
Quando são realizados acréscimos de áreas a edifícios existentes, pode acrescentar pontos vulneráveis para o acúmulo de galhos e folhas, com a junção entre o edifício existente e a área acrescida. Pode ser agravado pelo fato desta junção estar fora do ângulo de visão e seja difícil de se alcançar para realizar as manutenções.
- **AP 2.2 - Use materiais não combustíveis nos pontos de acúmulo de brasas e detritos em chamas:** Os problemas com os perfis de cobertura mostrados nas Figura 7 podem ser reduzidos se forem utilizados materiais incombustíveis nos pontos circulados nas figuras. Nas situações que existam, por exemplo, painéis de madeira, que sejam necessários por razões estruturais ou para fixações, eles podem ser revestidos por material não combustível (ex.: como chapa metálica).

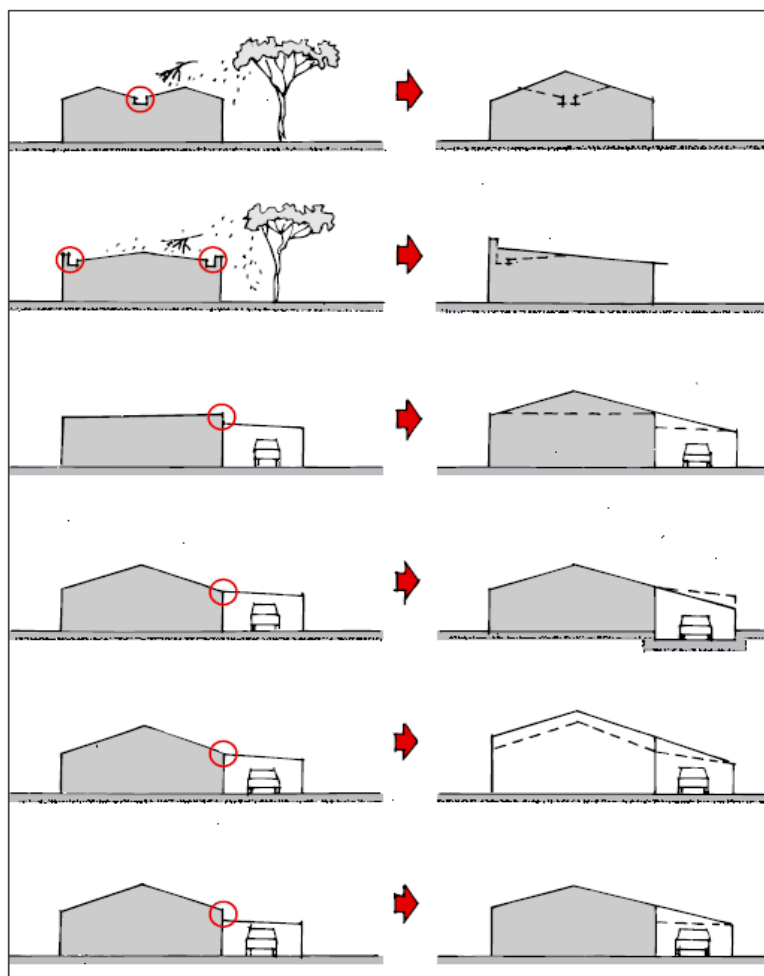


Figura 7 – Perfis de cobertura indesejáveis e propostas de simplificação em projeto (Ramsay and Rudolph, 2003)

3.6.2. Revestimento da cobertura

Grande parte dos incêndios nas habitações começam nos telhados e nos vãos. O acúmulo de folhas e detritos, combinado com as fagulhas e partículas em chamas podem ser soprados por meio de pequenos vãos dentro e ao redor do revestimento do telhado e também se acumular dentro do espaço interior a cobertura. Galhos e folhas podem acumular-se nas coberturas por um longo período antes de um incêndio florestal e serem inflamados por fagulhas durante o incêndio florestal. Dependendo do revestimento do telhado, com a ação de ventos extremos, podem sair do lugar (por exemplo telhas cerâmicas), permitindo que brasas e detritos em chamas entrem no interior da habitação. Quanto mais inclinado for a cobertura, menos propensa a acumular detritos, fagulhas e partículas inflamadas, mas a vedação da cobertura também é fundamental para evitar o ingresso do incêndio para dentro da habitação.

Os revestimentos da cobertura devem ser afixados com segurança e também vedados de acordo com as recomendações técnicas fabricantes das soluções.

A seguir estão destacadas algumas alternativas de projeto para os revestimentos de cobertura.

- **AP3.1 - Substituir ou proteger componentes de madeira adjacentes a áreas onde detritos e fagulhas possam se acumular:** A madeira usada como painel debaixo do revestimento do telhado pode ser substituída por chapa metálica.
- **AP3.2 - Fornecer manta de isolamento contra humidade e vento:** No cenário australiano, para coberturas com telhas asfálticas (tipo *shingle*), são utilizadas mantas de isolamento contra a ação da humidade e do vento, para melhoria do desempenho térmico na habitação. No caso de Portugal, esta solução é pouco utilizada. Esta manta de isolamento, quando utilizadas, deve ter propriedades de baixa inflamabilidade, para não permitir o avanço do incêndio com a ignição por depósito de fagulhas ou partículas inflamadas. A Figura 8 apresenta as posições de instalação (em vermelho pontilhado) para instalação da manta de isolamento nos beirados, nas cumeeiras e entre o revestimento da cobertura e sua estrutura.

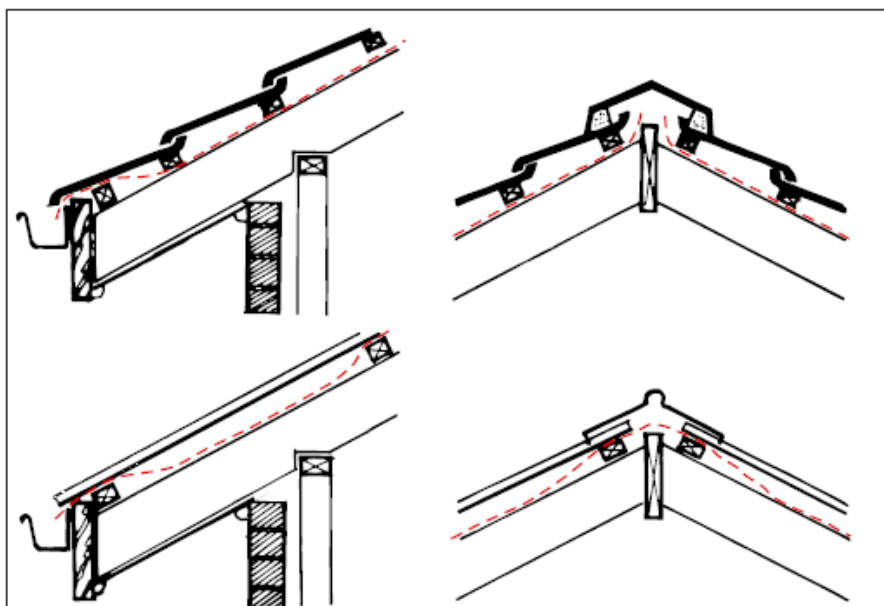


Figura 8 – Manta de isolamento contra humidade e vento (Ramsay and Rudolph, 2003)

- **AP3.3 - Vedar o espaço da cobertura:** Nas situações em que revestimento do telhado contém aberturas, como claraboias, chaminés, equipamentos de ar condicionado, entre outras situações equivalentes, devem ser providenciadas maneiras para evitar a entrada de fagulhas com técnicas de remates com

material incombustível e de selagem do tipo corta-fogo. Além disso, deve-se atentar para a impermeabilização de pontos vulneráveis, como cumeeiras e beirados, que existem na grande maioria dos telhados. A Figura 9 apresenta os pontos destacados em vermelho nas coberturas em que requer atenção na vedação.

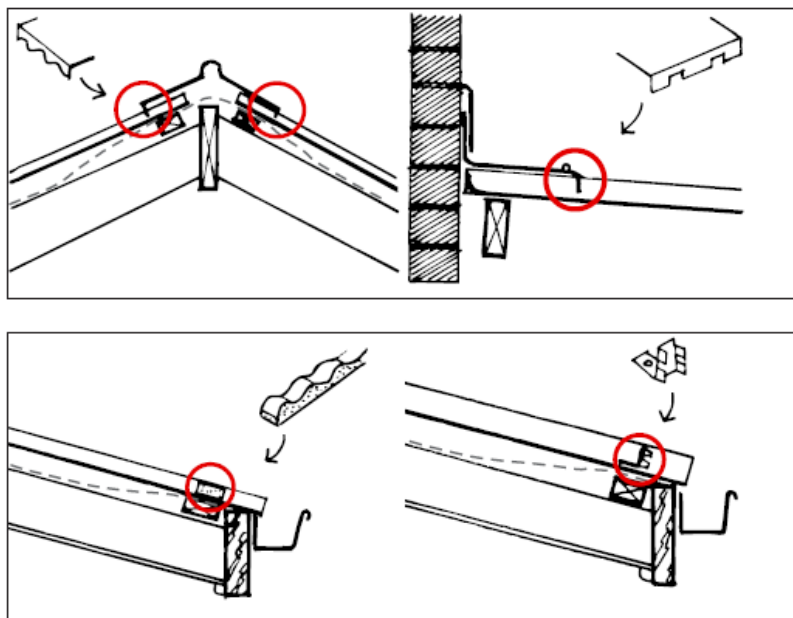


Figura 9 – Vedação do revestimento da cobertura
(Ramsay and Rudolph, 2003)

- **AP3.4 - Tornar as claraboias resistentes a ação do calor:** Os materiais termoplásticos usados para a ajudar na iluminação do revestimento de algumas coberturas (ex. telhas translúcidas) podem sofrer o derretimento, e sofrer o colapso sob o calor intenso dos incêndios florestais, permitindo assim a entrada de fagulhas e partículas inflamadas. Deve-se utilizar elementos de iluminação zenital com materiais incombustíveis (ex. vidros com resistência ao fogo) e com estrutura de fixação e remates também incombustíveis.
- **AP3.5 - Projetar e instalar o revestimento da cobertura e sua estrutura para ação de ventos extremos:** As fixações do revestimento e da estrutura devem ser inspecionadas e mantidas regularmente para verificar qualquer folga do revestimento da cobertura com a sua estrutura. A vedação dos pontos descritos no item anterior reduz a oportunidade de o vento movimentar a cobertura e seus elementos.

3.6.3. Caleiras e tubos de queda para águas pluviais

As caleiras nos sistemas de águas pluviais nas coberturas são um ponto de acumulação para detritos ao longo do tempo, mas também podem acumular fagulhas e partículas inflamadas durante um incêndio florestal. O seu dimensionamento, largura, modo de instalação, visibilidade e acessibilidade para limpeza periódica são questões importantes.

- **AP4.1 - Eliminar as caleiras do telhado:** Em locais onde a captação e a descarga de água pluvial da cobertura não é necessária, como numa pequena cobertura próxima a habitação, eliminar as caleiras e modificar o perfil da cobertura para escoar a água para fora da projeção da habitação, e não utilizar caleiras internas à cobertura ou atrás de platibandas. Se for necessária a captação e descarga da água pluvial da água proveniente da cobertura, esta queda pode ser direcionada para valas com brita (ou seixos rolados) e dentro destas, o escoamento ser conduzido nos tubos de drenagem instalados no fundo das valas. Ver Figura 10.

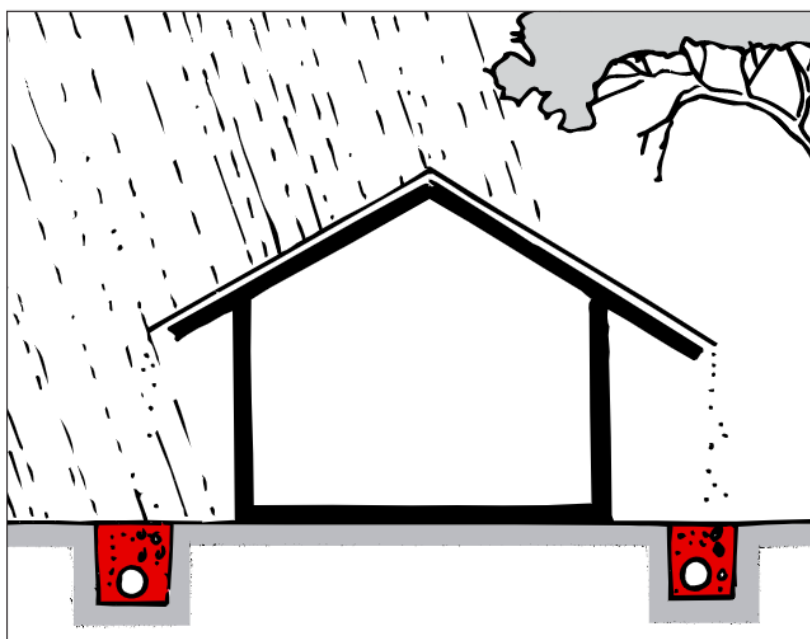


Figura 10 – Exemplo de eliminação de caleiras e tubos de queda (Ramsay and Rudolph, 2003)

- **AP4.2 - Evitar o uso de caleiras estreitas:** Fica dificultada a remoção de folhas e outros detritos combustíveis de caleiras estreitas. Caleiras em vales estreitos e reentrantes, especialmente aqueles com projeções irregulares dos materiais na

cobertura, podem propiciar condições para a acumulação de fagulhas e partículas inflamadas.

- **AP4.3 - Tornar as caleiras facilmente visíveis e acessíveis:** caleiras na cobertura que não estejam à vista ou não são prontamente acessíveis (por exemplo, caleiras atrás de paredes de platibandas) provavelmente não serão limpas com a frequência necessária. Nestas situações, é necessário um acesso permanente, como uma escada nas proximidades. Se os tubos de queda e as bocas de descarga da chuva ficarem tamponados de detritos, as caleiras ficarão sujas e os detritos e materiais combustíveis podem acumular-se. Uma forma para de manter os tubos de queda limpos é deixar a sua descarga em uma abertura de drenagem coberta por uma tela, e entre esta abertura de descarga e a tela de drenagem conter um espaço para a limpeza. Isso permite que as folhas sejam removidas e pode-se verificar o escoamento do tubo de queda. Ver Figura 11.

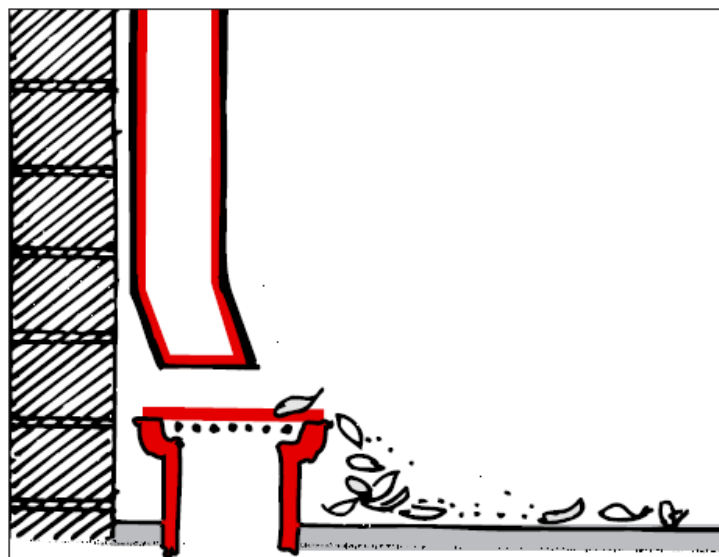


Figura 11 – Exemplo de acessibilidade para os tubos de queda(Ramsay and Rudolph, 2003)

- **AP 4.4 - Use tampas ou filtros sobre as caleiras do telhado para reduzir a entrada de detritos:** Vários dispositivos, incluindo os seguintes, estão disponíveis: tampas de chapa metálica; telas com malha de metal e plástico; protetores de plástico com fenda. Apesar disto, todas essas tampas e filtros podem permitir que algum detrito entre na calha e os detritos possam ainda se acumular na parte superior do dispositivo. Portanto, a manutenção regular com determinada frequência é necessária.

- **AP4.5 - Prever a possibilidade de bloqueio dos tubos de queda para encher as caleiras com água:** Uma técnica conhecida no cenário australiano é de prever o bloqueio dos tubos de queda com bolas de tênis envoltos com pedaços de pano húmido e preencher as caleiras com água antes que a frente de incêndio chegue à habitação. O ponto de instalação de torneiras com mangueiras, e os meios para o bloqueio com uso de escadas (ou outros meios de acesso) são necessários para que possa utilizar esta técnica. Um dispositivo de bloqueio mais próximo do nível do solo é uma alternativa, mas isso requer que todas as juntas acima do dispositivo de bloqueio estejam bem seladas, incluindo a junta entre a caleira e tubo de descarga.

3.6.4. Varandas, decks, degraus, patamares, pérgulas e treliças

As situações aqui dispostas reproduzem uma realidade de construção australiana, entretanto, podem também acontecer em edificações em Portugal. Normalmente estes elementos são construídos em madeira e podem conter superfícies horizontais ou praticamente horizontais nas quais os detritos podem acumular ao longo do tempo e com a chegada de um incêndio florestal as fagulhas e partículas inflamadas podem depositar-se. O risco amplia-se quando a superfície de um piso de um deck exterior, por exemplo, faz o encontro com outra superfície vertical que tenha material combustível (ex: paredes, porta ou caixilho de janela). Tais acessórios, se feitos de madeira ou de materiais termoplásticos, são propensos a ignição por calor radiante e contato com chamas. Uma vez que sejam ignizados, podem propagar o fogo no edifício, tornando outros elementos combustíveis próximos propensos à ignição.

- **AP5.1 - Eliminar os cantos reentrantes entre planos vulneráveis:** Anexos como varandas e pérgulas podem estar encostados em superfícies verticais, como paredes, e criar pontos em que fagulhas e partículas inflamadas possam acumular e iniciar a ignição. Esses cantos reentrantes que fazem a transição entre os planos podem ser ajustados no projeto.
- **AP5.2 - Eliminar ou reduzir os anexos da habitação:** Deve-se levar em consideração o quão essenciais esses anexos realmente são e em alguns casos, um ou mais anexos podem ser eliminados ou substituídos por uma alternativa que atenda à mesma função. Por exemplo, fazer a extensão dos beirados, ao invés de ter elementos pergulados para fazer o sombreamento, é uma solução que evita a transição de estrutura e de material de construção, deixando mais uniforme e protegida a envolvente externa.

- **AP5.3 - Utilizar materiais não combustíveis:** Materiais incombustíveis, como alvenaria, betão armado, placas de fibrocimento, elementos em pedra, podem ser utilizados para a construção desses anexos. Onde as junções com superfícies horizontais, como decks e patamares (combustíveis ou não), encostam em superfícies verticais combustíveis, como paredes ou portas em madeira, devem ser utilizados materiais incombustíveis no revestimento externo para proteger estas superfícies verticais por, pelo menos, os 300 mm inferiores, com chapas metálicas ou placas de fibrocimento.
- **AP5.4 - Separar o anexo do edifício:** Embora esta opção não impeça totalmente a ignição, significa que qualquer ignição destes anexos não é facilmente transferida para a habitação se for colocado a uma distância adequada. Decks, patamares, pérgulas e elementos treliçados podem, às vezes, ser tratados como parte da paisagem ao redor de um edifício e serem separados do edifício principal. Os degraus e decks normalmente tem de estar conectados ao edifício para cumprir sua função, e isto pode ser feito com materiais incombustíveis, como pisos em betão ou utilizar gradis em ferro ou alumínio.

3.5.2 Paredes Externas

Quando construídos em madeira, nas situações em que os revestimentos de parede fazem junção com as superfícies horizontais e estejam grosseiramente rematados, lascados, rachados, desgastados ou deteriorados, tornam-se mais propensos à ignição por fagulhas e por partículas inflamadas carregadas com o vento que ali se acumulam. Uma vez que os revestimentos de paredes, como madeira ou PVC, por calor radiante ou objetos carregados pelo vento, sejam danificados, podem permitir que fagulhas e partículas inflamadas entrem na habitação.

- **AP 6.1 - Elimine transições entre planos com pontos vulneráveis:** As paredes, em sua transição com outros elementos de construção, podem propiciar a acumulação de fagulhas e partículas inflamadas. Essas transições podem ser removidas por uma análise de projeto. Ver pontos em vermelho na Figura 12.

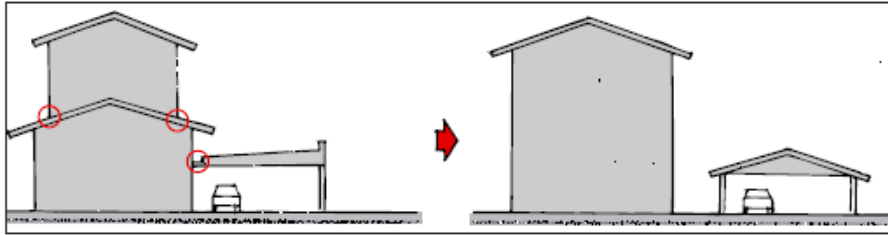


Figura 12 – Exemplo de remoção de transições entre paredes e outros elementos de construção (Ramsay and Rudolph, 2003)

- **AP 6.2 - Melhorar o revestimento que seja em madeira:** As fagulhas e partículas inflamadas podem ficar alojadas em madeira que esteja lascada, rachada, desgastada ou deteriorada. Preencher e melhorar o acabamento destas superfícies com uma pintura proporciona uma superfície mais lisa e reduz esta condição, bem como reduz a deterioração da madeira em si.
- **AP 6.3 - Use materiais incombustíveis:** O uso de blocos cerâmicos, blocos de betão, chapas de aço ou de alumínio são incombustíveis e são melhores alternativas à madeira. Também são materiais que reduzem as ações de manutenção ao longo da vida do edifício.
- **AP 6.4 - Fornecer tela de proteção contra a humidade e vento:** No caso de paredes revestidas com materiais como madeira, PVC ou chapa de fibrocimento, as mesmas são mais suscetíveis a danos por calor radiante ou por objetos trazidos carregados com o vento. O uso de tela de isolamento contra humidade e vento por trás deste revestimento é uma boa prática, mas esta tela tem que ter baixa combustibilidade, ou seja, bom comportamento em termos de reação ao fogo.

3.6.5. Portas e Janelas

Todas as aberturas nas paredes têm problemas particulares associados a elas. Por exemplo, as portas são muitas vezes feitas de materiais combustíveis, têm aberturas sob elas e soleiras nas quais brasas e detritos em chamas podem se acumular. As portas e janelas de vidro estão sujeitas a quebrar sob o impacto do calor e dos objetos transportados pelo vento, permitindo a entrada de brasas e detritos em combustão, e as esquadrias são muitas vezes feitas de materiais combustíveis. Ventilações e outras

pequenas aberturas oferecem oportunidades para a entrada de brasas e detritos finos em combustão.

- **AP 7.1: Proteger soleiras de portas e os peitoris das janelas:** As portas e janelas externas devem estar niveladas com a extremidade exterior das soleiras e peitoris, respetivamente, de forma que evite a acumulação de detritos e de fagulhas nessas superfícies horizontais. A instalação de uma tela mosquiteira na parte externa da soleira também é uma alternativa apropriada. Ver Figura 13.

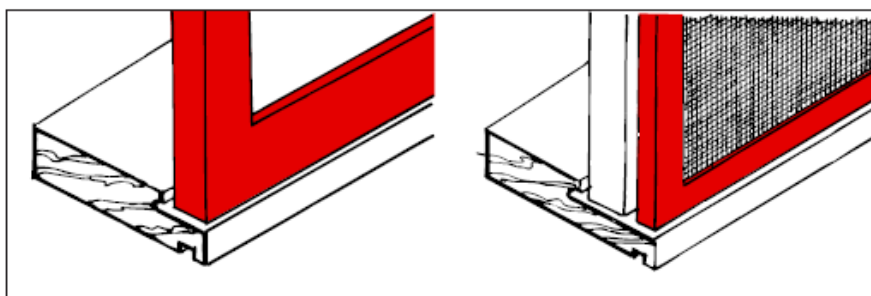


Figura 13 – Proteção de soleiras em portas
(Ramsay and Rudolph, 2003)

- **AP 7.2 - Use elemento envidraçado adequado contra o fogo:** O uso de vidro temperado em portas e janelas é uma solução mais apropriada, entretanto o uso de vidro laminado nas condições de incêndio florestal não são as mais apropriadas. O uso de vidro aramado é uma opção para banheiros, lavandarias e similares, por conta da aparência e obstrução da visibilidade com o exterior. Outra opção é reduzir a área de vidro nos painéis de forma a reduzir a probabilidade da quebra dos mesmos.
- **AP 7.3: Instalar persianas para evitar rutura de vidros:** A utilização de persianas do lado de fora das portas e janelas protegem o vidro. As persianas podem ser eficazes, mas elas têm a desvantagem de ser um sistema ativo porque exigem que as pessoas as fechem (e as mantenham fechadas entre nos eventos de incêndios florestais). As persianas têm como objetivo fornecer sombra quando o clima está quente e reter o calor nos dias de clima frio.
As persianas em material incombustível, como aço ou alumínio, sendo estas articulados, deslizantes ou do tipo estore, são alternativas apropriadas. Os estores têm a vantagem de terem pequenas fendas visíveis que permitem que as pessoas vejam o que está acontecendo do lado de fora durante a passagem de uma frente de incêndio florestal.

- **AP 7.4 – Usar telas com malha de metal para evitar rutura de vidro:** O uso de telas do lado de fora das portas e portadas para proteção contra insetos é algo que pode ser adequado para proteção das portas e janelas contra a ação dos incêndios florestais. Uma solução é que estas telas tenham malha metálica em boas condições, sem corrosão, com abertura de malha inferior a 2 mm. Normalmente, as telas contra insetos são instaladas nos caixilhos das janelas que tem abertura, mas se todas as janelas tiverem essa proteção (de preferência do lado de fora). Pequenas aberturas nas paredes podem ser grelhas de ventilação, elementos de drenagem e aberturas para exaustores. Todos eles devem ser protegidos com tela em metal com malha de abertura inferior a 2 mm.
- **AP7.5 – Vedar pequenas lacunas:** As portas devem ser vedadas, conforme exemplo mostrado na Figura 14, no sentido de vedar as frestas na base das portas.

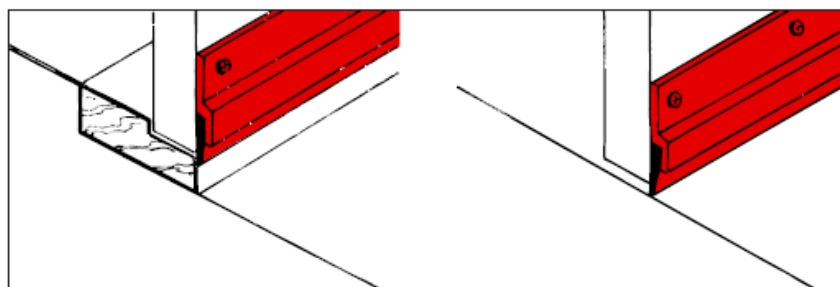


Figura 14 – Vedação à base das portas
(Ramsay and Rudolph, 2003)

3.7. Considerações finais

A classificação da reação ou de resistência ao fogo são declaradas pelos fabricantes dos produtos da construção, de acordo com as exigências definidas para os produtos conforme a sua aplicação, em que o RT-SCIE define as condições mínimas para o cumprimento nas habitações em termos de classes de reação e de resistência ao fogo.

A busca por estas informações está inserida no rol de atividades do engenheiro civil ou do arquiteto, durante a fase de projeto da habitação, e deve buscar este esclarecimento junto aos fornecedores das soluções, no caso, os fabricantes dos produtos da construção. Não existe para os profissionais de engenharia e de arquitetura uma base de dados que apresente, por tipo de material ou sistema construtivo, o seu comportamento ao fogo.

Observa-se que, com exceção das coberturas inclinadas, as exigências em termos de reação ao fogo para as paredes exteriores, nas coberturas em terraço e nos elementos de ventilação e iluminação das habitações, são as menos rigorosas, estando enquadradas na Euroclasse E de reação ao fogo. Tal situação, na escolha das soluções construtivas por parte dos engenheiros ou arquitetos para estes componentes da habitação, caso não observem este pormenor, podem selecionar materiais que podem contribuir com o rápido desenvolvimento do incêndio na habitação perante as ocorrências de incêndios florestais.

Quando o profissional não tem contacto ou vivência prática com a temática de segurança ao incêndio em edifícios, pode se fazer a seleção de soluções não adequadas, e que contribuam de forma favorável ao desenvolvimento de incêndios nas habitações, e que muitas vezes, podem não atender ao disposto na regulamentação de SCIE vigente. Portanto, ao desenvolvedor do projeto da habitação é importante perceber a importância dos requisitos em termos de comportamento ao fogo dos elementos de construção para tornar a habitação mais segura sob o aspeto do incêndio florestal.

Ou seja, o projetista da habitação deve compreender qual são os requisitos de reação e de resistência ao fogo que devem ser minimamente atendidos e também saber como identificar isto nos fornecedores destes materiais e dos sistemas construtivos.

Os aspetos de projeto apresentados neste item são relevantes no sentido de mitigar ou reduzir os pontos de ignição nas habitações, sendo que a sua aplicação leva em conta a dinâmica dos incêndios florestais e seus efeitos no edificado, bem como o aprendizado adquirido com eventos anteriores de incêndios desta natureza em que se provocaram a perda de vidas e de danos às habitações. Alguns aspetos consideram características de uma realidade australiana, entretanto, grande parte das situações ali colocadas aplicam-se ao cenário de construção em Portugal, as quais podem ser incorporadas a novos projetos ou a remodelações com o foco na proteção das habitações contra a ação de incêndios florestais.

4. NORMAS E CÓDIGOS PARA HABITAÇÕES EM ZONAS PROPENSAS A INCÊNDIOS FLORESTAIS

Foram desenvolvidas normas internacionais que consolidam requisitos construtivos para a envolvente externa das habitações submetidas aos incêndios florestais, por meio de investigação científica aplicada e do aprendizado com os eventos de incêndio ocorridos ao longo das últimas décadas. A norma australiana *AS 3959 – Construction of buildings in bushfire prone areas* (Standards Association of Australia, 2018) e o código de construção norte americano *International Wildland Urban Interface Code 2021* (ICC,

2021) são duas referências internacionais de países acometidos por incêndios florestais todos os anos. Estes documentos propõem requisitos construtivos específicos para os edifícios que estejam inseridos em áreas de interface urbano florestal, conforme o seu nível exposição ao risco de incêndio florestal.

A determinação do nível de exposição (ou de severidade) do incêndio florestal à habitação é obtida com base na sua localização geográfica, caracterizando-se os seguintes elementos: a probabilidade do risco de incêndio associado àquela localização (por meio de dados estatísticos ou cartas de perigosidade), o tipo de vegetação presente na envolvente florestal e respetiva inclinação efetiva (para caracterizar o combustível que pode contribuir para o incêndio florestal) e a distância do edifício à vegetação na envolvente florestal.

Observou-se, no estudo destas duas referências, que não há uma correlação direta entre as Euroclasses de reação ao fogo e as classes de reação ao fogo que são utilizadas na AS 3959 (Standards Association of Australia, 2018) que segue o modelo de classificação para reação ao fogo dos materiais com base em normas australianas; e no International Wildland-Urban Interface Code 2022 (ICC, 2021) que utiliza um conjunto de métodos de ensaio com base em normas publicadas pela ASTM⁷ ou UL⁸.

Diante do que foi apresentado nos mecanismos de propagação dos incêndios florestais neste relatório, o fluxo de calor incidente nos elementos de construção é um parâmetro relevante e diferencia a severidade de exposição ao fogo de forma significativa (White and Delichatsios, 2015), e portanto, uma abordagem que considere os efeitos do calor radiante nos elementos de construção é tecnicamente consistente e alinhada com os objetivos para segurança contra incêndio nas habitações em zonas de IUF.

A norma australiana preocupa-se em proteger o edifício de forma a evitar a ignição pilotada dos materiais de base celulósica expostos a um fluxo de calor radiante, pois para que isto ocorra o valor de referência, internacionalmente reconhecido, é de 12,5 kW/m² (Law, 1963). Em razão disto, os requisitos construtivos em função da classe de exposição ao incêndio florestal começam a ser definidos na classe mais baixa (BAL-12,5) até a classe mais alta (BAL-FZ), e estes fazem a exigência de forma geral a materiais incombustíveis, ou seja, que evitam a ignição pilotada.

O nível que não há requisitos específicos para construção seria o BAL-LOW, ou seja, não há o risco potencial da habitação de forma que exija materiais ou aspetos construtivos específicos. Podemos destacar alguns dos efeitos do fluxo de calor radiante, extraídos

⁷ ASTM – American Society of Testing Materials, <https://www.astm.org/>

⁸ UL – Underwriter Laboratories, <https://www.ul.com/services/testing/safety-testing>

da Tabela G.1 da norma AS 3959 (Standards Association of Australia, 2018), descritos a seguir:

- Ocorrência de dor em seres humanos após 10 a 20 segundos de exposição – 4 kW/m²;
- Ocorrência de dor em seres humanos após 3 segundos de exposição – 10 kW/m²;
- Ignição de materiais celulósicos após exposição prolongada (com pequena chama) – 13 kW/m²;
- Ignição de madeira após exposição prolongada (sem pequena chama) – 25 kW/m²;
- Ignição de materiais celulósicos após 5 segundos de exposição (sem pequena chama) – 42 kW/m²;
- Ignição de madeira após 20 segundos de exposição (sem pequena chama) – 42 kW/m².

Dentro deste contexto, a classificação da reação ao fogo destes materiais segundo as Euroclasses da norma EN 13501-1 (CEN, 2018), deveriam ser materiais classificados como A1 ou A2.

Podemos aqui citar alguns materiais incombustíveis característicos, também citados no item 3.4.2 deste relatório e que presentes na realidade da construção em Portugal, em termos de Euroclasses de reação ao fogo: pedra (A1), betão (A1), placas de gesso cartonado com núcleo isolante em lã de rocha (A2-s1, d0), os quais também foram caracterizados por Jones and Brischke (2017).

Quanto à resistência ao fogo, observa-se que no Wildland Urban Interface Code 2022 (ICC, 2021), as exigências para as construções resistentes à ignição (*Ignition Resistant Constructions*), no caso as paredes externas, devem ser construídas de material incombustível ou, caso sejam construídas de material combustível, que sejam classificadas quanto à resistência ao fogo por, no mínimo, 60 min, conforme os requisitos da norma *ASTM E119-20: Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials* (ASTM, 2020), norma esta equivalente a *EN 1363-1 : Fire resistance tests – Part 1: General Requirements*.

4.1. Abordagem da Norma Australiana AS-3959

Os principais passos da norma australiana AS 3959 (Standards Association of Australia, 2018), propostos no método simplificado, estão descritos a seguir:

1. Determinar o FDI (*Fire Danger Index*) mais relevante para o local em estudo;
2. Determinar o tipo de vegetação predominante na envolvente;
3. Determinar a distância do edifício à vegetação envolvente;
4. Determinar a inclinação efetiva abaixo da vegetação predominante na envolvente;

5. Verificar o BAL (*Bushfire Attack Level*) de acordo com as tabelas da norma, em termos de fluxo de calor radiante;
6. A partir da BAL (*Bushfire Attack Level*), verificam-se quais os requisitos construtivos que devem ser adotados para o edifício em relação à sua envolvente, incluindo as paredes de fachada, coberturas, portas e janelas e aberturas.

4.1.1. Valores de exposição à radiação em função do tempo - BAL 12,5 até a BAL 40

A norma *AS 1530.8.1 - Methods for fire tests on building materials, components and structures, Part 8.1: Tests on elements of construction for buildings exposed to simulated bushfire attack - Radiant heat and small flaming sources*, tem como conceito realizar os ensaios laboratoriais de exposição dos elementos de construção instalados na vertical, como paredes, janelas, elementos de ventilação, entre outros, considerando um perfil de exposição ao incêndio florestal em termos de calor radiante em função do tempo. A duração pode chegar até 11 minutos de ensaio, entretanto o fluxo de calor radiante que é imposto ao provete nos primeiros instantes do ensaio (entre 0 e 2,5 min), ocorrendo depois a sua suavização até reduzir a 4 kW/m² ao fim do ensaio.

O objetivo é simular o comportamento do material exposto ao calor radiante que é desenvolvido com o avanço de um incêndio florestal. O sistema de ensaio considera a exposição do provete à radiação emitida por um painel radiante, sendo o provete aproximado (ou afastado) do painel radiante conforme o perfil de exposição que deseja avaliar, durante o tempo de ensaio. A Figura 15 apresenta as curvas do fluxo de calor radiante que podem ser impostas ao provete, conforme a classe de exposição ao incêndio florestal (BAL) pretendida.

Também são instalados em pontos específicos do corpo de prova, pequenos *wood cribs*, que tem como objetivo reproduzir as ignições pontuais em determinados pontos vulneráveis (ex. reentrâncias em portas e janelas) durante a exposição com o calor radiante.

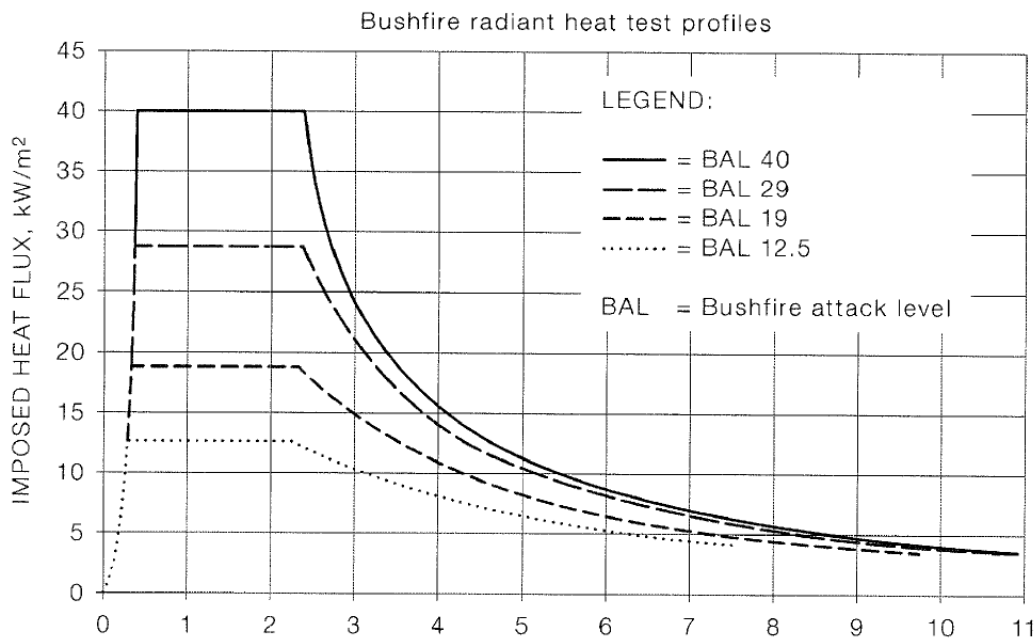


Figura 15 – Perfis de ataque do incêndio florestal segundo a norma AS-1530.8.1 (AS, 2018)

4.1.2. Valores de exposição à radiação em função do tempo - BAL FZ

A norma AS 1530.8.2 - *Methods for fire tests on building materials, components and structures Part 8.2: Tests on elements of construction for buildings exposed to simulated bushfire attack—Large flaming sources*, tem como conceito realizar os ensaios laboratoriais de exposição dos elementos de construção instalados na vertical, como paredes, janelas, elementos de ventilação, entre outros, considerando um perfil de exposição ao incêndio florestal severo, simulando o contato direto com as chamas no provete, por período de tempo superior ao explanado no item anterior, considerando 30 min de exposição ao fogo e o mesmo regime de aquecimento do forno de ensaio aplicado aos ensaios de resistência ao fogo segundo a norma AS 1530.4 (equivalente à norma EN-1363-1 utilizada na Europa).

A Figura 16 apresenta o perfil de exposição ao ataque direto da chama utilizado em estudo desenvolvido pela *National Association of Steel-framed Housing*, utilizando as condições de exposição ao incêndio florestal que foi desenvolvida pelo CSIRO para avaliar o sistema construtivo em *Light Steel Frame* na situação de BAL-FZ (Fire Zone), e que derivado da norma AS 1530.8.2 acima citada.

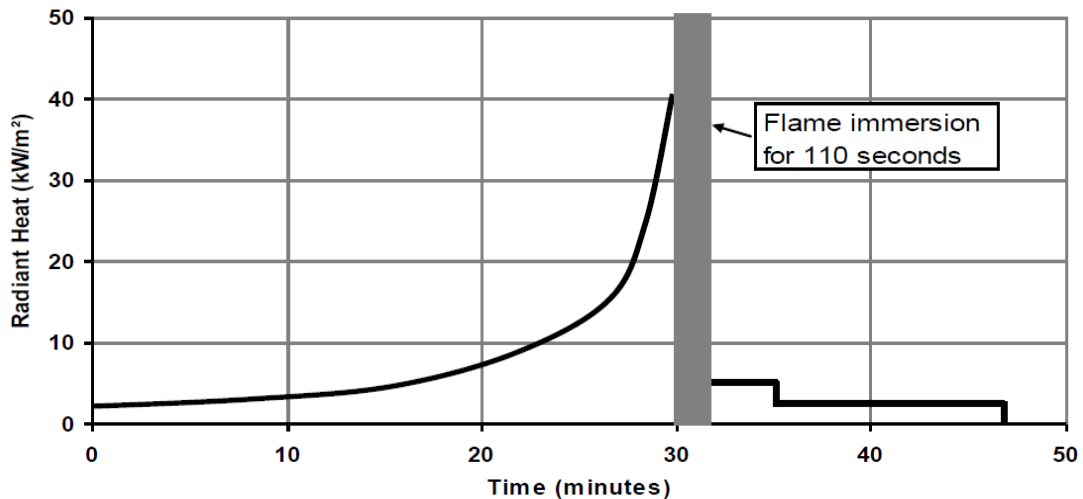


Figura 16 – Perfil de exposição ao calor radiante para simulação de incêndio florestal no nível de ataque BAL-FZ (Leonard *et al.*, 2012)

O perfil apresentado acima é baseado no cenário mais desfavorável, e compreende 47 min de exposição ao calor radiante, durante os quais a frente da chama do incêndio florestal se aproxima, fica em contacto com o edifício e depois afasta-se deste. O perfil de evolução do calor radiante foi obtido com a modelagem dos cenários de incêndio tendo em conta os métodos fornecidos no Apêndice B da AS 3959. O tempo de imersão da chama foi derivado da modelagem de uma variedade de cenários de incêndio usando o método detalhado em AS 3959, bem como dados experimentais de incêndios florestais. Um tempo de imersão em chama de 110 s foi determinado como o pior cenário.

4.1.3. Requisitos construtivos para os componentes da habitação principal em função do nível de ataque ao incêndio florestal (*BushFire Attack Level*)

Nos itens 4.1.3.1 a 4.1.3.4 a seguir, estão apresentados os requisitos construtivos estabelecidos na norma AS 3959 conforme o nível de ataque ao incêndio florestal (BAL), para os elementos de construção da habitação principal, a saber:

4.1.3.1. Paredes Externas

Para as paredes externas das habitações que estejam classificadas entre as BAL-12,5 e a BAL-29, os seus componentes a menos de 400 mm do solo ou a menos de 400 mm acima dos pavimentos, coberturas de garagem, toldos e elementos ou acessórios semelhantes,

com ângulo inferior a 18 graus em relação à horizontal e com largura superior a 110 mm devem atender às seguintes configurações:

- a) ser de material incombustível, com espessura mínima de 90 mm, podendo ser constituído dos seguintes materiais:
 - i. paredes de alvenaria com blocos de betão ou revestidas externamente com tijolo, blocos de betão, placas de silicato de cálcio ou pedra natural.
 - ii. paredes pré-moldadas em betão ou moldadas in loco com betão, ou de blocos de betão celular.
 - iii. parede de alvenaria de tijolos ou blocos cerâmicos; ou
- b) toras de madeira com densidade igual ou superior a 680 kg/m³ (a 12% de teor de humidade de madeira); espessura nominal total de, no mínimo, 90 mm e uma espessura de núcleo de, no mínimo, 70 mm, com calibre aplainado; ou
- c) utilização do revestimento externo fixado a uma parede com estrutura em madeira (*light wood frame*) ou com estrutura em aço (*light steel frame*) nas seguintes situações:
 - i. material incombustível;
 - ii. placa de fibrocimento de espessura 6 mm, no mínimo;
 - iii. madeira classificada como *Bushfire-Resistant Timber* (madeira resistente a incêndios florestais);
 - iv. madeira conforme as espécies listadas na AS-3959 no Anexo F;
 - v. ser uma combinação entre os itens i) até vi) logo acima descritos.

Para uma parede de madeira ser classificada como *Bushfire-Resistant Timber* conforme citado no item c), ela deve ser submetida a um conjunto de avaliações laboratoriais e deve atender ao nível de ataque ao incêndio florestal BAL-29, no mínimo, conforme orientações do Anexo F da norma AS-3959. Esta parede pode ser sólida, laminada ou emplacada, e os fabricantes podem desenvolver os produtos modificando as propriedades intrínsecas do material, seja por meio do uso de retardantes de chama químicos incorporados ao material e da aplicação de revestimentos ou substratos retardantes de chama sobre a superfície do material, de forma a atingir a classificação pretendida. As espécies listadas no Anexo F da AS-3959 são típicas da região australiana, as quais já foram objeto de comprovação laboratorial do atendimento à BAL-29.

Para os níveis BAL-40 e BAL-FZ não é permitida a utilização de madeira como revestimento externo.

Para as habitações que estejam classificadas como nível de ataque BAL-40, as paredes externas devem:

- a) ser de material incombustível, com espessura mínima de 90 mm, podendo ser constituído dos seguintes materiais:
 - i. paredes de alvenaria com blocos de betão ou revestidas externamente com tijolo, blocos de betão, placas de silicato de cálcio ou pedra natural.
 - ii. paredes pré-moldadas em betão ou moldadas in loco com betão, ou de blocos de betão celular.
 - iii. parede de alvenaria de tijolos ou blocos cerâmicos; ou
- b) utilizar revestimento externo fixado a uma parede com estrutura em madeira (*light wood frame*) ou com estrutura em aço (*light steel frame*), com tela de isolamento térmico entre a estrutura e o revestimento, nas seguintes situações:
 - i. placa de fibrocimento de espessura 9 mm, no mínimo;
 - ii. chapa de aço
 - iii. ser uma combinação entre os itens i) até ii) acima.
- c) utilizar sistema de parede que atenda a norma AS 1530.8.1, ou
- d) ser uma combinação entre as opções apresentadas nos itens a), b) ou c).

No caso do nível mais rigoroso de ataque, o BAL-FZ, as paredes externas não pode ter qualquer presença de materiais em madeira em sua estrutura, e devem:

- a) ser de material incombustível, com espessura mínima de 90 mm, podendo ser constituído dos seguintes materiais:
 - i. paredes de alvenaria com blocos de betão ou revestidas externamente com tijolo, blocos de betão, placas de silicato de cálcio ou pedra natural.
 - ii. paredes pré-moldadas em betão ou moldadas in loco com betão, ou de blocos de betão celular.
 - iii. parede de alvenaria de tijolos ou blocos cerâmicos; ou
 - i. placa de fibrocimento de espessura 9 mm, no mínimo;
 - ii. chapa de aço
 - iii. ser uma combinação entre os itens i) até ii) acima.
- b) utilizar sistema de parede que atenda a norma AS 1530.8.2 quando o teste é realizado na face exterior do provete;
- c) utilizar sistema de parede com o *Fire Resistance Level (FRL)*⁹ de FRL 30/30/30 ou - /30/30 quando o teste é realizado na face exterior do provete;
- d) ser uma combinação entre as opções apresentadas nos itens a), b) ou c).

⁹ *Fire Resistance Level – Tempo de Resistência ao Fogo segundo a norma australiana AS 1530.4 – Methods for fire tests on building materials, components and structures – Part 4: Fire-Resistance test of elements of construction, FRL - XX / YY / ZZ, onde XX escalão de tempo para capacidade suporte de carga; YY – escalão de tempo para estanquidade à chamas e gases quentes; ZZ – escalão de tempo para isolamento térmico, sendo tempo em minutos.*

4.1.3.2. Coberturas

Dentro da abordagem proposta pela AS 3959, os telhados e sistemas de cobertura devem:

- Incluir telhas e acessórios de cobertura com características incombustíveis.
- Os cantos reentrantes (entre a cobertura e as paredes) devem ser vedados e evitar aberturas maiores que 3 mm. Isto pode ser feito com a utilização de painéis e revestimentos de beirado ou com a vedação entre o topo da parede e a parte inferior do telhado.
- As aberturas de ventilação do telhado, na parede de empena e nas aberturas de telhado, devem incluir proteções contra o ingresso de partículas incandescentes, feitas de material incombustível, sendo constituídas de malha ou chapa perfurada com abertura máxima de 2 mm, de aço resistente à corrosão, de bronze ou de alumínio.

Para coberturas com telhas do tipo *shingle (tiles)*, estas devem ser totalmente isoladas com membranas abaixo das telhas. Estas membranas devem cumprir com as seguintes recomendações:

- ter um índice baixo indica de inflamabilidade (não superior a 5) segundo a norma *AS-1530.2 Methods for fire tests on building materials, components and structures – Part 2: Test for flammability of materials*;
- estar localizada diretamente abaixo das ripas do telhado;
- cobrir toda a área do telhado incluindo a cumeeira; e
- ser instalada de forma que não haja frestas que permitam a entrada de partículas inflamadas onde esta membrana se encontra com beirados, caleiras, cantos reentrantes e situações similares.

Para as coberturas com chapas metálicas, estas devem cumprir com as seguintes recomendações:

- ser totalmente blindadas, com exceção das mantas de isolamento revestidas com folha de alumínio podem ser instaladas sobre as ripas de apoio à cobertura, ou;
- não apresentar folgas superiores a 3 mm, nas ondulações ou reentrâncias nas chapas de telhado e entre componentes do telhado, sendo vendadas no beirado e na linha da parede e em cantos reentrantes e cumeeiras, de uma das quatro formas a seguir:
 - i. malha ou chapa perfurada com abertura máxima de 2 mm, de aço resistente à corrosão, bronze ou alumínio; ou
 - ii. lã mineral; ou

- iii. outro material incombustível; ou
- iv. uma combinação de qualquer um dos itens (i), (ii) ou (iii) acima

Para as situações em que sejam inseridas aberturas nas coberturas, aplicam-se as algumas das principais recomendações contidas na AS 3959:

- Nas situações em que forem instaladas nas coberturas aberturas para colocação de claraboias, exaustores, unidades de tratamento de ar, antenas, condutas de ventilação e suportes para coletores solares, as mesmas devem ser vedadas na superfície da cobertura e evitar folgas maiores que 3 mm. O material para vedação deve ser incombustível.
- As aberturas que tenham claraboias com abertura manual ou mecânica, exaustores ou condutas de ventilação, estas devem ser equipadas com proteções contra o ingresso de partículas incandescentes com malha ou chapa perfurada, com abertura máxima de 2 mm, de aço resistente à corrosão, bronze ou alumínio.
- Todos os elementos envidraçados devem ser vidros laminados com Grau de Segurança A em conformidade com a norma australiana AS 1288 – Glass in buildings – Selection and Installation.
- Os elementos translúcidos em claraboias e as claraboias podem ser constituídas de material polimérico, desde que um difusor de vidro com Grau de Segurança A em conformidade com AS 1288 seja instalado abaixo deste elemento.
- Os elementos de acabamento à volta das claraboias tubulares (rufos) podem ser de material retardante de chama, desde que a integridade do telhado seja mantida por um material com índice de inflamabilidade inferior à 5 (norma AS 1530.2).

O revestimento dos beirados, das testeiras e da empena do telhado, também deve ser protegido da mesma forma que as recomendações dispostas para as aberturas nas coberturas, observando-se nas juntas entre os beirados e as fachadas, entre empenas e beirados, a selagem adequada para estas situações, também com materiais incombustíveis.

4.1.3.3. Janelas e portas com o exterior

As janelas devem cumprir com um dos seguintes requisitos:

- Serem totalmente protegidas por um estore corta-fogo, que seja constituído de material incombustível, de madeira resistente à ignição ou uma combinação destas, ou;
- Serem totalmente protegidas externamente por telas com malha de abertura máxima de 2 mm, de aço resistente à corrosão, bronze ou alumínio, ou;

- As ferragens instaladas externamente com função de abertura e fechamento devem ser de material metálico.
- Quando são utilizadas janelas de vidro duplo, os requisitos acima aplicam-se apenas à face externa do conjunto da janela.

As portas externas basculantes, incluindo portadas simples e portadas com folhas dobráveis, devem atender a uma das seguintes situações:

- Serem totalmente protegidas por um estore corta-fogo, que seja constituído de material incombustível, de madeira resistente à ignição ou uma combinação destas, ou;
- Serem totalmente protegidas externamente por telas com malha de abertura máxima de 2 mm, de aço resistente à corrosão, bronze ou alumínio, ou;
- Cumprir com as recomendações a seguir:
 - i. Ser constituída de material incombustível; ou
 - ii. No caso de a porta ser de madeira maciça, a espessura mínima deve ser de 35 mm nos primeiros 400 mm acima da soleira; ou
 - iii. No caso de a porta ter núcleo não preenchido (oco), deve-se ter placa incombustível na parte externa nos primeiros 400 mm acima da soleira; ou
 - iv. O caixilho da parte envidraçada da porta deve ser feito com materiais resistentes ao ataque dos incêndios florestais ou utilizar uma das espécies de madeira definidas na AS 3959.
- Nas situações em que os vidros estejam incorporados às portas, estes devem estar em conformidade com mesmos requisitos definidos para os vidros das janelas.
- As portas devem ser bem ajustadas ao batente e a porta contígua, quando aplicável.
- Devem ser instalados meios para vedar todas as bases das portas externas basculantes, por meio de vedantes, elementos de calafetação, entre outros.

As portas de correr devem cumprir um dos seguintes requisitos:

- Serem totalmente protegidas por um estore corta-fogo, que seja constituído de material incombustível, de madeira resistente à ignição ou uma combinação destas, ou;
- Serem totalmente protegidas externamente por telas com malha de abertura máxima de 2 mm, de aço resistente à corrosão, bronze ou alumínio, ou;
- Cumprir com as seguintes disposições:
 - i. Qualquer envidraçamento que esteja incorporado às portas de correr deve ser do tipo vidro de segurança Grau A a atender à norma australiana AS 1288.

- ii. Caso as portas de correr sejam blindadas, as telas devem ser uma malha ou chapa perfurada de aço resistente à corrosão, bronze ou alumínio, não havendo a necessidade de blindagem na parte que pode ser aberta na porta de correr.

NOTA: A instalação das portas correr deve impedir a entrada de partículas incandescentes quando a porta estiver fechada.

4.1.4. Exemplos de soluções construtivas nos elementos exteriores

Com o objetivo de ilustrar algumas das situações apontadas na seção 4.1.3, estão apresentadas na Figuras 17 a 21 exemplos de aplicação de alternativas de projeto e de elementos de construção em algumas habitações inseridas nas zonas de IUF. Tais ilustrações consideram o cumprimento dos requisitos da norma australiana AS 3959, conforme o nível de ataque ao incêndio florestal que foi definido para aquele local.

Para as soluções das portas e janelas com o exterior foram considerados:

- Que os caixilhos das janelas são construídos em madeira certificada da espécie *Manilkara Bidentata* (típica da região) atendendo às regras do *Forest Stewardship Council (FSC)*.
- Os elementos envidraçados são do tipo PyroGuard40 da marca Veridian. As janelas são compostas por vidros duplos e com espaçamento entre as lâminas de vidro. Neste espaçamento há a inserção de gás argônio (isolante) para melhoria da eficiência energética. Apresentam vedação e travamento do sistema de abertura e fechamento em pontos distintos.
- Todas as soluções de portas e janelas foram submetidas aos ensaios conforme a norma AS1530.8.1 verificando o seu enquadramento conforme a classificação definida na AS 3959:2018.



Figura 17 – Exterior de habitação com parede externa revestida com tijolo cerâmico, cobertura com chapa metálica e utilização de estores corta-fogo à frente das janelas, considerando o nível de ataque ao incêndio florestal BAL-29 e BAL-40.

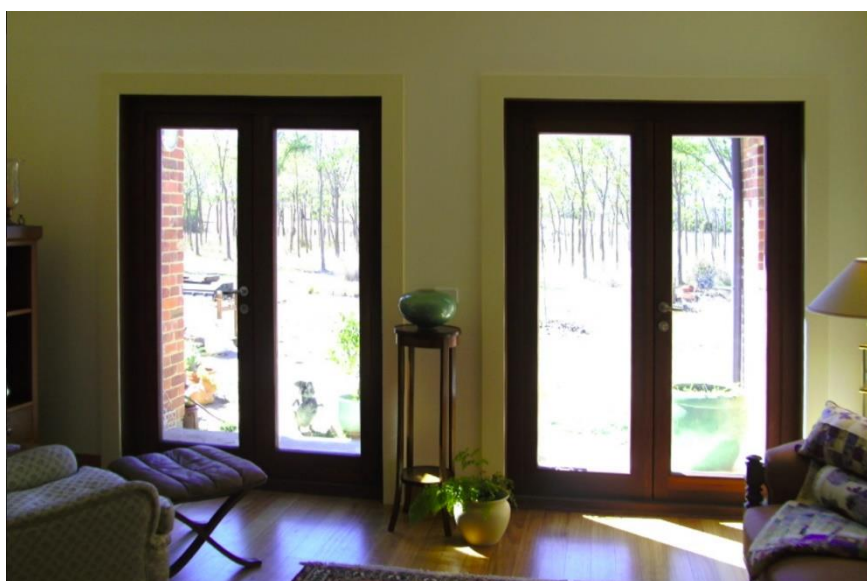


Figura 18 – Interior de habitação com parede externa revestida com tijolo cerâmico, cobertura com chapa metálica e utilização de estores corta-fogo à frente das portadas, considerando o nível de ataque ao incêndio florestal BAL-40.



Figura 19 – Exterior de habitação com elementos envidraçados em portas de correr considerando o nível de ataque ao incêndio florestal BAL-40.



Figura 20 – Exterior de habitação com parede em vigas de madeira maciça, com elementos envidraçados em janela do tipo basculante, considerando o nível de ataque ao incêndio florestal BAL-40.



Figura 21 – Exterior de habitação com paredes em alvenaria e revestimento em argamassa, com elementos envidraçados em porta de entrada e janela considerando o nível de ataque ao incêndio florestal BAL-40.

É importante colocar que as alternativas de projeto aqui apresentadas nos elementos construtivos de pisos, paredes externas e coberturas tiveram em consideração a redução de pontos de acumulação de partículas incandescentes nos cantos reentrantes e uso de materiais incombustíveis em superfícies que possam ter contato com a ação de incêndios externos, estando em consonância com o exposto no item 3.6 deste relatório.

4.2. Código de Construção *International Wildland Urban Interface Code 2022*

No código de construção *International Wildland Urban Interface Code 2022* (ICC, 2021) em função de qual é o *Ignition Resistant Construction Level* (IR), que se traduzindo seria o “Nível de Construção Resistente à Ignição”, definem-se um conjunto de requisitos construtivos para a habitação conforme o nível em que ela estiver enquadrada.

As etapas dentro deste documento para que se defina qual é o nível de construção resistente à ignição (IR) envolve o conjunto de algumas variáveis, sendo a seguir apresentados os passos para esta determinação:

1. Determinar o tipo de vegetação predominante na envolvente;
2. Determinar a distância do edifício à vegetação envolvente;
3. Determinar a inclinação efetiva abaixo da vegetação predominante na envolvente;
4. Verificar em cartas específicas de perigosidade do risco de incêndio a quantidade de dias por ano em que podem ocorrer condições propícias para incêndios florestais;

5. Determinar a severidade do risco de incêndio florestal (*Fire Hazard Severity*), com os dados obtidos nos passos 1 a 4, em que a severidade pode ser classificada como: Baixo (*Low*), Moderado (*Moderate*) ou Alto (*High*) risco de incêndio.
6. Determinar qual o tipo de construção resistente à ignição (*Ignition-Resistant Construction - IR*), com base nos dados obtidos nos passos 5 e com base na distância defensável (entre o edifício e a vegetação envolvente).

A partir da definição do tipo de construção resistente à ignição, verificam-se quais os requisitos construtivos que devem ser adotados para o edifício em termos construtivos na envolvente, incluindo as paredes de fachada, coberturas, portas e janelas e aberturas.

4.2.1. Requisitos construtivos em função do tipo de construção resistente à ignição

Nos itens 4.2.1.1 a 4.2.1.3 a seguir, estão apresentados os requisitos construtivos estabelecidos no código IWUIC 2022 (ICC, 2021), conforme o tipo de construção resistente à ignição (IR) para os elementos de construção da habitação principal, a saber:

4.2.1.1. Paredes Externas

As paredes externas e suas estruturas em habitações que estejam classificadas como IR 1 – *Ignition Resistant Construction 1* e IR2 – *Ignition Resistant Construction 2*, devem ser construídas com materiais certificados para o escalão de tempo de resistência ao fogo de, no mínimo, 1 hora, considerando a o lado externo como a face exposta ao fogo, ou serem construídas com materiais reconhecidamente incombustíveis, de acordo com a norma ASTM E-119. Como exceção à este requisito, o uso de vigas ou toras de madeira podem ser utilizados, desde que estes sejam estendidos desde a base da fundação até a parte inferior da cobertura

As construções classificadas como IR3 – *Ignition Resistant Construction 3* não exigem requisitos específicos para os materiais das paredes externas e suas estruturas. É importante destacar que a definição a classificação que irá definir o sistema construtivo leva em conta a distância da habitação com a vegetação predominante, além de outras variáveis expostas no início do item 4.2. Ou seja, quanto mais próximo da vegetação, maior será a exigência em termos de resistência ao fogo.

4.2.1.2. Coberturas

Os telhados ou os sistemas de coberturas utilizados nas habitações, devem utilizar os materiais conforme descrito a seguir:

- Habitações que sejam classificadas como *Ignition Resistant Construction 1* (IR1): devem ser utilizados materiais e sistemas de coberturas que atendam à Classe A na norma ASTM E-108;
- Habitações que sejam classificadas como *Ignition Resistant Type 2* (IR2): devem ser utilizados materiais e sistemas de coberturas que atendam à Classe B na norma ASTM E-108;
- Habitações que sejam classificadas como *Ignition Resistant Type 3* (IR3): devem ser utilizados materiais e sistemas de coberturas que atendam à Classe C na norma ASTM E-108;

Ainda, para as três distintas situações apontadas acima, no caso destas coberturas apresentarem perfis que permitam um espaço entre a cobertura e o deck do telhado, o espaço nas extremidades dos beirados deve ser constituídos de materiais não combustíveis, que sejam corta-fogo, de forma a impedir a entrada de partículas incandescentes.

Para as habitações que sejam classificadas como *Ignition Resistant Construction 1* (IR1) os beirados das coberturas devem ser protegidos na parte inferior exposta por materiais que atendam a resistência ao fogo de, no mínimo, 1 hora de acordo com a norma ASTM E-119, com vigas de madeira com no mínimo 2" (51 mm) de dimensão nominal, ou vigas de madeira tratada com retardante de chama com no mínimo 1" (25,4 mm) ou chapa de madeira compensada tratada com retardante de chama com no mínimo ¾" (19 mm), desde que sejam avaliadas para o uso externo e apresentem o atendimento integral aos requisitos da seção 2303.2 do *International Building Code*. Ainda, as empenas destas coberturas devem ser protegidas na parte traseira por materiais que atendam a resistência ao fogo de, no mínimo, 1 hora de acordo com a norma ASTM E-119.

No caso das habitações classificadas como *Ignition Resistant Construction 2* e 3 (IR 2 e IR3), não se estabelecem requisitos específicos de resistência ao fogo.

4.2.1.3 Elementos envidraçados e portas com o exterior

Para os elementos envidraçados estão recomendadas a aplicação dos materiais conforme descrito a seguir:

- Habitações que sejam classificadas como *Ignition Resistant Construction 1* e 2 (IR1 e 2): as janelas externas, paredes de janelas e portas envidraçadas, janelas dentro de portas externas e claraboias devem ser de vidro temperado, ou de painéis envidraçados com mais de uma camada, blocos de vidro ou apresentar o atendimento à resistência ao fogo do elemento construtivo de, pelo menos, 20 minutos.

- Habitações que sejam classificadas como *Ignition Resistant Construction 3 (IR3)*: não se definem critérios específicos para esta situação.

Para as portas com o exterior das habitações estão recomendados os requisitos descritos a seguir:

Habitações que sejam classificadas como *Ignition Resistant Construction 1 e 2 (IR1 e 2)*: As portas externas devem conter material incombustível, núcleo em madeira maciça não inferior a 13/4" (45 mm) ou apresentar o atendimento à resistência ao fogo do elemento construtivo de, pelo menos, 20 minutos. Quando as janelas estiverem instaladas nas portas ou as portas forem envidraçadas, estas devem atender à Seção 504.8 (quando a habitação for classificada como IR1) e 505.8 (quando a habitação for classificada como IR2) do *International Building Code*.

- Habitações que sejam classificadas como *Ignition Resistant Construction 3 (IR3)*: não se definem critérios específicos para esta situação.

4.3. Considerações finais

Tais requisitos, na norma e código aqui citados, tem como objetivo definir o desempenho mínimo a ser exigido dos sistemas e dos materiais de construção ao fogo, por meio de avaliações laboratoriais. Estas avaliações laboratoriais envolvem ensaios específicos de resistência ao fogo e de reação ao fogo com o foco no desempenho dos materiais frente à penetração do fogo exterior (lado exposto do provete) para o interior do edifício (lado não exposto do provete).

Estes documentos incluem requisitos que tratam aspectos de projeto, incluindo objetivos no sentido de evitar o acúmulo de partículas incandescentes ao exterior da habitação ou de inibir a entrada destas do exterior para o interior da habitação, coincidentes com objetivos apresentados no item 3.6 deste relatório, tendo em conta as particularidades regionais e questões que envolvem as habitações de cada país.

Observou-se na análise das abordagens na norma e código apresentados nesta seção de que o objetivo destes documentos é de fornecer o suporte às ações de projeto e licenciamento das habitações em áreas propensas aos incêndios florestais. Com base nas distâncias de afastamento com a envolvente florestal, as características dos combustíveis florestais, a inclinação do terreno entre a habitação e a floresta e nível de risco de incêndio florestal (de acordo com os indicadores que o país/região utilize) estes documentos definem os requisitos construtivos mínimos para os componentes exteriores da habitação que possam ser vulneráveis a ação dos incêndios florestais. Ainda, possibilitam o estudo de cenários em que as exigências em termos de requisitos

construtivos podem ser mais brandas quando as habitações superarem as distâncias mínimas entre a habitação e a envolvente florestal.

Por outro lado, nas situações em que estas distâncias não podem ser acauteladas, torna-se necessário que os sistemas construtivos da edificação atendam aos requisitos em termos de desempenho contra a ação do incêndio exterior, tendo em conta a classe de exposição ao incêndio florestal, sendo este o grande desafio para esta temática, pois envolve em determinadas situações ações de remodelação aprofundadas para o atendimento da habitação às exigências.

Diante do exposto, a realização de ações de projeto com o foco na redução dos pontos de ignição e de entrada dos produtos do incêndio para interior da habitação (ex. partículas em chamas e fagulhas), de forma combinada com o controle das características dos materiais incorporados aos componentes da habitação, são ferramentas fundamentais para tornar a habitação mais resiliente frente aos incêndios florestais.

5. CONCLUSÃO

A sobrevivência das habitações perante os eventos de incêndios florestais extremos é um desafio multidisciplinar, o qual não envolve apenas os componentes construtivos das habitações. No desenvolvimento deste relatório, a qual envolve o estudo e compreensão dos aspetos que influenciam o desenvolvimento dos incêndios nas habitações perante os incêndios florestais, pôde-se perceber que algumas variáveis são externas às habitações e podem influenciar o desenvolvimento dos incêndios nas mesmas, como por exemplo, os mecanismos de ataque dos incêndios florestais. A gestão dos combustíveis ao redor do edificado é uma questão crucial e de fundamental relevância para o gerenciamento do risco de incêndio nas habitações que estejam inseridas nas zonas propensas aos incêndios florestais, a qual não está sendo abordada neste relatório a pormenor, pois o foco deste documento é apresentar informações com bases técnico-científicas relativas a proteção do edificado frente aos incêndios florestais.

Foi obtido por meio desta investigação um conjunto de aspetos de projeto que podem ser aplicados para a proteção das habitações contra os mecanismos de ataque dos incêndios florestais. As normas internacionais de referência consideram em sua essência o uso de materiais incombustíveis, ou de materiais com baixa capacidade de ignição, ou seja, com melhor comportamento ao fogo, utilizando seus métodos de ensaio e de classificação para este comportamento. As exigências regulamentares em termos de reação ao fogo em Portugal para habitações unifamiliares, ou seja, nas habitações de

modo geral nas vilas e aldeias, tendo como exceção as coberturas inclinadas, são as menos rigorosas, e portanto, há um ponto de fragilidade que precisa ser corrigido nas zonas de IUF. Este aspeto não se refere apenas aos edifícios isolados no meio da floresta, mas também aos aglomerados urbanos que estejam envolvidos pela vegetação circundante.

Foram apresentadas a materialização de algumas destas soluções por meio de exemplos reais considerando uma realidade australiana. Entretanto, as alternativas de projeto apresentadas e sua materialização dentro do cenário português da construção em zonas de IUF é factível, sendo necessário considerar uma abordagem equivalente ao que se propõe na norma AS-3959 para definição dos requisitos construtivos para as habitações inseridas nas zonas de IUF, sejam elas isoladas ou inseridas em aglomerados urbanos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida M. *et al.* (2021) *Regras para o Edificado e Envolvente nos Territórios Rurais*. Vila Real.

Andreadakis, E. *et al.* (2018) 'THE JULY 2018 ATTICA (CENTRAL GREECE) WILDFIRES', *Newsletter of Environmental, Disaster and Crises Management Strategies*. Available at: <https://edcm.edu.gr>.

ASTM (2020) 'ASTM E119-20: Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials', *ASTM* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1520/E0119-20>.

Blanchi, R. *et al.* (2012) 'Life and house loss database description and analysis Final report', (December), p. 94.

Blanchi, R., Leonard, J.E. and Leicester, R.H. (2006) 'Lessons learnt from post-bushfire surveys at the urban interface in Australia', *Forest Ecology and Management*, 234(July 2019), p. S139. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.08.184>.

Cohen, J. and Butler, B. (1996) 'Modeling potential structure ignitions from flame radiation exposure with implications for wildland/urban interface fire management', *Thirteenth Fire and Forest Meteorology ...*, pp. 81–87.

European Committee for Standardization (CEN), CEN/EN 13501-1 - Fire classification of construction products and building elements - Part 1: Classification using data from reaction to fire tests, 2018.

European Standard, EN 13501-5 - Fire classification of construction products and building elements - Part 5: Classification using data from external fire exposure to roofs tests, 2018.

European Committee for Standardization (CEN), CEN/TS 1187:2012 - Test methods for external fire exposure to roofs, 2012.

Fairbanks, R. and Ingalsbee, T. (2006) 'A Homeowner ' s Guide to Fire-Resistant Home Construction', (July). Available at: <http://groups.ucanr.org/HWMG>.

Fire Research Station. (1991) *External fire spread: building separation and boundary distances*. Fire Research Station, Building Research Establishment.

ICNF (2020) *Carta de Perigosidade Estrutural de Incêndio Rural 2020 - 2030*.

International Code Council (2021) 'International Wildland-Urban Interface Code 2021'. International Code Council.

Jones, D. and Brischke, C. (2017) 'Performance of the bio-based materials', in *Performance of Bio-based Building Materials*. Elsevier, pp. 249–333. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100982-6.00005-7>.

Law, M. (1963) *Radiation from Fires and Building Separation*. London.

Leicester, R.H., Leonard, J. and Bianchi, R. (2006) 'Attack by wildfire', *9th World Conference on Timber Engineering 2006, WCTE 2006*, 3(January 2015), pp. 1891–1898.

Leonard, J. (CSIRO) (2009) *Report to the 2009 Victorian Bushfires Royal Commission Building performance in Bushfires*. Available at: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2323.6641>.

Leonard, J.E. et al. (2012) 'Testing of steel wall systems for use in bushfire flame zone areas', in *Australasian Structural Engineering Conference 2012: The past, present and future of Structural Engineering*, pp. 1087–1094.

Leonard, J.E. et al. (2015) 'Bushfire Impact From a House's Perspective', *Bushfire CRC [Preprint]*, (61 3).

Moreira, F. et al. (2011) 'Landscape - wildfire interactions in southern Europe: Implications for landscape management', *Journal of Environmental Management*, pp. 2389–2402. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.06.028>.

Paveglio, T.B., Carroll, M.S. and Jakes, P.J. (2010) 'Adoption and perceptions of shelter-in-place in Californias Rancho Santa Fe Fire Protection District', *International Journal of Wildland Fire*, 19(6), pp. 677–688. Available at: <https://doi.org/10.1071/WF09034>.

Potter, M. and Leonard, J. (2010) 'Spray System Design for Ember Attack - Research Findings and Discussion Paper', (D), p. 30.

Quarles, S.L. et al. (2010) 'Home Survival in Wildfire-Prone Areas: Building Materials and Design Considerations', *Home Survival in Wildfire-Prone Areas: Building Materials and Design Considerations*, pp. 1–22. Available at: <https://doi.org/10.3733/ucanr.8393>.

Quarles, S.L. and Tenwolde, A. (2004) *Attic and Crawlspace Ventilation: Implications for Homes Located in the Urban-Wildland Interface*.

Quarles, S.L. and Wolde, A. ten (2004) 'Attic and Crawlspace Ventilation - for Homes Located in the Urban-Wildland Interface', *Woodframe Housing Durability and Disaster Issues - October 4-6, 2004, Aladdin Resort Casino, Las Vegas, Nevada, USA*, pp. 227–232.

Ramsay, C. and Rudolph, L. (2003) *Landscape and building design for bushfire areas*. Edited by CSIRO Publishing. Collingwood VIC: CSIRO.

Ramsay, G.C., McArthur, N.A. and Dowling, V.P. (1996) 'Building in a fire-prone environment: Research on building survival in two major bushfires', *Proceedings of the Linnean Society of New South Wales*, 1996(116), pp. 133–140.

Regulamento (UE) N.º 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 9 de Março de 2011, que estabelece condições harmonizadas para a comercialização dos produtos de construção e que revoga a Directiva 89/106/CEE do Conselho. *Jornal Oficial da União Europeia (JOUE)*, L88, 4.4.2011, p. 5-43.

Ribeiro, L.M.; Rodrigues, A.; Lucas, D.; Viegas, D.X. *The large fire of Pedrógão Grande (Portugal) and its impact on structures*, Imprensa da Universidade de Coimbra, 2018.

Sousa, A.V.S. e *et al.* (1998) 'Manual de Aplicação de Telhas Cerâmicas'. Standards Association of Australia (2018) *Construction of buildings in bushfire-prone areas*.

UCCE - Deck - Fire in California. Available at: <https://ucanr.edu/sites/fire/Prepare/Building/Deck/>.

Vahabi, H., Reza Saeb, M. and Malucelli, G. (2022) *Analysis of Flame Retardancy in Polymer Science, Analysis of Flame Retardancy in Polymer Science*.

White, N. and Delichatsios, M. (2015) *Fire Hazards of Exterior Wall Assemblies Containing Combustible Components*. New York, NY: Springer New York (SpringerBriefs in Fire). Available at: <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2898-9>.

Whittaker, J. *et al.* (2013) *Community safety during the 2009 Australian 'Black Saturday' bushfires: an analysis of household preparedness and response Publication Details*. Available at: <https://ro.uow.edu.au/smhpapers1/296>.

Xanthopoulos, G. (2003) 'Factors affecting the vulnerability of houses to wildland fire in the Mediterranean region', ... on" *Forest Fires in the Wildland-Urban Interface and ...*, pp. 1–8. Available at: <http://www.fria.gr/WARM/chapters/warmCh11Xanthopoulos.pdf>.