

ÍNDICE DE SENSAÇÃO TÉRMICA COMO INDICADOR DE PREVISÃO DE RISCO DE INCÊNDIO:
ESTUDO DE CASO*

THERMAL SENSATION INDEX AS AN INDICATOR FOR FIRE RISK PREDICTION:
CASE STUDY

Mário Talaia

Universidade de Aveiro, CIDTFF (Portugal)
Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores
ORCID [0000-0003-4311-6209](https://orcid.org/0000-0003-4311-6209) mart@ua.pt

RESUMO

Este estudo de caso valoriza a sensação térmica sentida pelo ser humano num ambiente térmico quente como indicador do risco de incêndio e assim adotar estratégias de prevenção. Esta metodologia de intervenção foi comunicada à Junta de Freguesia como ponte de estratégias de aplicação e para se encontrarem soluções envolvendo a Proteção Civil, autoridades e corpo de bombeiros. É apresentada uma abordagem da interpretação física de processos termodinâmicos e da mecânica de fluidos para a deslocação de massas de ar num regime de calor, assim como se mostra a importância de zonas florestais com poder de corte fogo. Um estudo de caso é considerado e são indicados, para um ambiente térmico quente, índices térmicos de sensação térmica, de vestuário e de insatisfação. Imagens antes e após o incêndio são interpretadas. Valores da concentração de poluentes foram registados durante o incêndio. Os resultados obtidos mostram, inequivocamente, que o índice de sensação térmica sugere ser um excelente indicador para prever risco de incêndio.

Palavras-chave: Sensação térmica, incêndio, ordenamento florestal, ciprestes, defesa verde incêndio.

ABSTRACT

This case study emphasizes the thermal sensation experienced by humans in a hot thermal environment as an indicator of fire risk and the need for the adoption of prevention strategies. This intervention methodology was communicated to the Parish Council as a bridge for implementation strategies and to find solutions involving Civil Protection, authorities, and the fire department. The study puts forward an approach to the physical interpretation of thermodynamic processes and fluid mechanics for the movement of air masses in a hot climate, as well as demonstrating the importance of forested areas with fire-fighting capacity. A case study is investigated, and thermal indices of thermal sensation, clothing, and dissatisfaction are indicated for a hot thermal environment. Images before and after the fire are interpreted. Pollutant concentration values were recorded during the fire. The results unequivocally demonstrate that the thermal sensation index is an excellent indicator for predicting fire risk.

Keywords: Thermal sensation, fire, forest planning, cypress trees, green fire wall.

* O texto desta nota corresponde a uma comunicação apresentada ao III Seminário da Rede Incêndios-Solo, tendo sido submetido em 18-02-2025, sujeito a revisão por pares a 24-04-2025 e aceite para publicação em 15-10-2025. Esta nota é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 33 (I), 2026, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

Introdução

Nas aldeias pertencentes ao território da Beira Litoral onde está integrado, em parte, o distrito de Aveiro, observaram-se, no decorrer do tempo, mudanças na forma de bem-estar do ser humano. Na prática, o tipo de vida que era vivenciada foi alterada, ou seja, o uso de mato florestal para o uso de camas de animais ou colocação em pátios das habitações, potenciava a limpeza de terrenos rurais. Nestes termos projéteis incendiários não encontravam um campo fértil para o eclodir de um incêndio (Talaia, 2023). Também se verificava, muitas vezes, após o corte de árvores de floresta para a celulose, uma queima controlada, de fogo contrafogo, com presença de bombeiros. Era uma via de manter as aldeias mais seguras.

A alteração da floresta tem sido determinante para a alteração da carga térmica e propagação de incêndios. As espécies mais rentáveis em termos económicos e financeiros, como por exemplo o eucalipto, passaram a ser o tipo de floresta implantado potenciando o risco de incêndio, pondo em risco a segurança de bens e seres vivos, pois a vegetação (mato) e árvores passaram a “confinar” habitações. Mesmo sendo apresentados às entidades oficiais os eventuais riscos a verdade é que a prática não mostra soluções.

A carga térmica, existente em terrenos, ao definir a quantidade de calor sensível e latente, que deve ser retirada (no arrefecimento) ou colocada (no aquecimento) permite dimensionar estratégias a adotar, selecionar equipamentos e meios de operação e, avaliar as alterações necessárias ao comportamento do sistema.

O poder calorífico do combustível que alimenta um incêndio é definido como a quantidade de energia interna contida no combustível, sendo que quanto mais alto for o poder calorífico, maior será a energia contida e mais complexa a via da extinção. A matéria combustível, na natureza, apresenta-se nas mais diversas formas e variações, aparentemente insignificantes, que podem influenciar por completo a forma como uma combustão decorre, assim como o procedimento mais correto para a sua extinção (Guerra *et al.*, 2006). No incêndio tem-se uma combustão fora de controle e com resultados imprevistos. De uma forma simples, um incêndio, abandonado a si mesmo, depois da sua fase inicial, entra em combustão livre até se verificar o decaimento das chamas até à sua extinção.

Um fogo florestal é definido através da combustão controlada de materiais combustíveis existentes nas áreas florestais, nomeadamente os chamados fogos controlados e as queimadas rurais de materiais. Há orientações legais para a queima de amontoados nas quais a sua permissão é função da Classe de Risco de Incêndio Florestal (<https://fogos.icnf.pt/infoqueimasqueimadas/queimasqueimadas.aspx>).

Atualmente, no geral, os incêndios são atribuídos à queima de amontoados de sobrantes florestais e a limpeza de quintais. A legislação indica prazos para a limpeza de terrenos e, em 2024, foi prolongada até 31 de maio, ou seja, os proprietários de terrenos florestais tinham até 31 de maio de 2024 para proceder à sua limpeza, conforme define o artigo 79º do Decreto-Lei nº 82/2021, de 13 de outubro. A limpeza de terrenos é obrigatória numa faixa de 50 metros de largura em torno da habitação e de 100 metros no âmbito dos aglomerados populacionais, de parques de campismo e de parques industriais e logísticos. Atenção deve ser dada às recentes orientações legais da distância de segurança entre habitações e floresta.

Face aos pressupostos indicados, este trabalho apresenta sugestões e apresenta pontes de discussão para a investigação científica e mitigar pontes de investigação para minimizar o risco de incêndio. Este trabalho surge como estudo de caso em contexto real e considera a aldeia de Sernada-do-Vouga com a sua floresta de eucalipto e com as coordenadas geográficas latitude de 40° 40' 20,7" N e longitude 8° 27' 11" W.

Serão objetivos principais estudar a relação entre a relação entre índices de sensação térmica e as condições meteorológicas do ambiente térmico ideias para a ignição de incêndio. Serão usados dados registados por termohigrómetro digital em abrigo meteorológico e em céu aberto na superfície terrestre, valores da concentração de poluentes, imagens obtidas antes e depois do incêndio foram interpretadas, índices térmicos de sensação térmica, de isolamento de vestuário e de insatisfação do local térmico, carta meteorológica. Apresentam-se, também, algumas soluções de corta-fogo, sugeridas por um grupo de investigadores num projeto denominado de “*Projet CypFire Implementation of the 'cypress system' as a green firewall*” (Della Rocca *et al.*, 2014; Della Rocca *et al.*, 2015).

Contexto histórico da máquina a vapor e ligações a incêndios florestais, no vale do Vouga

O tempo do comboio a vapor, a partir do grande incêndio de 1972 (que varreu a aldeia de Sernada-do-Vouga), foi descontinuado por ser considerado o responsável pela ocorrência de incêndios. Na prática, foi a 25 de agosto de 1972 que se realizou a última viagem em serviço comercial do comboio a vapor, na linha do Vale do Vouga. Após o 25 de Abril de 1974, a linha foi reaberta e o comboio a vapor substituído por automotoras. No entanto, nos finais de 1989 a linha foi encerrada em definitivo.

Face aos pressupostos anteriores, é aceite que a ocorrência de incêndios era da responsabilidade da máquina a vapor que se tornou prisioneira da sua história. Atualmente, por questões de turismo, são consideradas algumas viagens do comboio a vapor no Vale do Vouga, entre Macinhata do Vouga e Aveiro e vice-versa (fot.1).

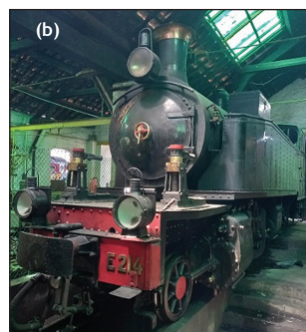


Fot. 1 - Preparação em Sernada-do-Vouga de um comboio de turismo (Fotografias de Mário Talaia, tiradas a 19/12/1923).

Photo 1 - Preparation for a tourist train in Sernada-do-Vouga (Photographies by Mário Talaia, taken on 12/19/1923).

São as oficinas de manutenção em Sernada-do-Vouga (fot.2) que fazem a conservação das máquinas a vapor e das carruagens históricas, em particular a máquina a vapor E24, que tem sido usada. O parque e as oficinas de manutenção eram, antes do incêndio de 1972, o suporte do nó ferroviário de Sernada-do-Vouga com linhas férreas com destino a Aveiro, a Viseu e a Espinho. Sernada-do-Vouga era uma alavanca segura para o transporte de mercadorias e de passageiros, no desenvolvimento económico e social das localidades que faziam parte dos apeadeiros e das estações ferroviárias ao longo da linha férrea.

à temperatura do ponto de orvalho. É durante a noite que surgem condições atmosféricas para a formação de orvalho, em superfícies, cuja temperatura se torna inferior à temperatura do ponto de orvalho (Iribarne e Godson, 1981; McIntosh e Thom, 1981). As condições termohigrométricas do ar húmido, a agitação do ar, a humidade do combustível, o relevo, o tamanho da carga ou do combustível, a carga térmica existente, a morfologia do terreno, a altitude, o relevo, a exposição e a meteorologia sinóptica são fatores a considerar, dado que podem suscitar o aumento da probabilidade



Fot. 2 - Parque e oficinas em Sernada-do-Vouga

(Fotografias de Mário Talaia, tirada a 28/06/1972 (a) e máquina a vapor E24, tirada a 16/06/2023 (b)).

Photo 2 - Yard and workshops in Sernada-do-Vouga

(Photographies by Mário Talaia, taken on 06/28/1972 (a) and E24 steam engine, taken on 06/16/2023(b)).

Mais tarde, os tradicionais comboios passaram a ser a Diesel, no entanto a cadência de incêndios não foi travada e quiçá potenciada pois passaram a ser mais frequentes, e esta situação tem sido atribuída às alterações climáticas e consequente aquecimento global.

Fundamentos teóricos

Ahrens (2012) e Ahrens e Henson (2019) mostraram que o ar húmido, para efeitos de cálculo, é constituído apenas por dois gases ideais, ou seja, pelo ar seco e pelo vapor de água. A equação de estado aplicada ao vapor de água permite determinar a massa volúmica do vapor de água, usando a pressão parcial de saturação do vapor de água

de se desenvolverem fogos descontrolados de grandes proporções, ou seja, incêndios em mata florestal.

A poluição causada pelo fumo, associada às emissões por parte de incêndios florestais, é tema de extrema importância devido aos riscos para o ambiente e para a saúde humana. Os efeitos crónicos, como a diminuição da função pulmonar, têm sido identificados entre os bombeiros (Imflorestal, 2014). O funcionamento do sistema respiratório do ser humano não é avaliado corretamente se não for investigada a sua performance para se adotarem estratégias de prevenção. É importante que a questão do consumo de oxigénio face à qualidade do ar seja avaliada através de um teste de espirometria (Talaia e Almeida, 2017), para determinadas profissões, como por exemplo,

a proteção civil, as forças de segurança, os bombeiros e os mergulhadores (Seeley *et al.*, 2011).

Talaia *et al.* (2007) mostraram que saúde e ambiente estão ligados através da classificação do índice de qualidade do ar (IQar), nomeadamente o CO, PM_{2,5} e PM₁₀ e Jaspe e Veja (2005) sugerem que a hipoxia para um ambiente pode ser determinada usando o modelo IDOA (Índice da Densidade de Oxigénio do Ar).

A queima de amontoados de sobrantes florestais ou agrícolas tornou-se um elo forte para a prevenção de incêndios, no entanto, a falta de informação e/ou prática lúdica pode potenciar um descontrolo e risco de incêndio. Assim, no âmbito do Decreto-Lei n.º 82/2021, de 13 de outubro, na redação dada pelo Decreto-Lei n.º 56/2023, de 14 de julho, é obrigatória a comunicação prévia para a realização de queimas, durante o período elegível, mediante registo obrigatório na plataforma nacional disponibilizada pelo Instituto da Conservação da Natureza e Florestas (ICNF). O uso do fogo para a queima de amontoados tem como objetivo eliminar sobrantes de exploração florestal ou agrícola, totalmente cortados e depois de amontoados num espaço limitado, como por exemplo podas de vinhas, de oliveiras, entre outros, cortados e amontoados de acordo com informação legal.

Para um tipo de ambiente térmico é possível prever a sensação térmica real sentida e prevista (fig. 1) usando uma escala térmica de cores (Talaia e Rodrigues, 2008)

A escala linear de -3 (extremidade da cor azul mais escura) a +3 (extremidade da cor vermelha mais escura) determina o valor real da sensação térmica na escala ISO 7730 (2005).

Para a determinação do índice térmico de temperatura e humidade (ITH), modificado por Nieuwolt (1977), usa-se a expressão:

$$ITH = 0,8 \times T + T \times (U/500) \quad (^\circ\text{C}) \quad (1)$$

em que T representa a temperatura do ar (°C) e U a humidade relativa do ar (%).

Os valores de ITH, em °C, foram interpretados, em termos de sensação térmica, através da adaptação efetuada por Talaia *et al.* (2013), tal como mostra a TABELA I.

TABELA I - Sensação térmica com base no ITH.

TABLE I - Thermal sensation ITH.

ITH (°C)	Sensação Térmica
ITH < 8	zona demasiado fria
8 ≤ ITH < 21	zona com necessidade aquecimento
21 ≤ ITH < 24	CONFORTO TÉRMICO
24 ≤ ITH < 26	zona com necessidade ventilação
26 ≤ ITH	zona demasiado quente

Fonte: adaptado por Talaia *et al.*, 2013.
Source: adapted by Talaia *et al.*, 2013.

Para a determinação do índice EsConTer (Talaia e Simões, 2009; Morgado *et al.*, 2015) usa-se a expressão:

$$EsConTer = -3,75 + 0,103 \times (T + T_w) \quad (2)$$

em que T representa a temperatura do ar (°C) e T_w a temperatura do termómetro húmido (°C).

O EsConTer determina um valor da escala sétima de sensação térmica (fig. 1).

Os insatisfeitos de um ambiente térmico são previstos com o valor do índice PPD que prevê a percentagem de insatisfeitos de acordo com a norma ISO 7730 (2005). Na expressão original o PMV (voto médio de satisfação) é substituído pelo valor de EsConTer (Talaia, 2021) por usar a mesma escala térmica ASHRAE (2004), como se indica

$$PPD = 100 - 95 \times e^{-(0,0353 \times EsConTer^4 + 0,2179 \times EsConTer^2)} \quad (\%) \quad (3)$$

O isolamento Térmico (ITV), em unidades clo, e para uma atividade sedentária com um metabolismo de 70W.m⁻² ou 1,2met, é prevista pela expressão (Talaia, 2021)

$$ITV = -0,7418 \times EsConTer - 0,3250 + 0,0764 \times T_w \quad (\text{clo}) \quad (4)$$

Foi usado um psicrómetro e um termohigrómetro digital para registar a temperatura do ar e a temperatura do termómetro molhado, em abrigo meteorológico e numa superfície (solo) a uma determinada pressão. Com base nas pressões parciais de saturação da temperatura do ar [e_s(T)], e da temperatura do termómetro húmido [e_s(T_w)], por aplicação da fórmula de Sprung (Whipple, 1933; JIS Z 8806, 1995), determinou-se a humidade relativa do ar

$$U = [100/e_s(T)] \times \{e_s(T_w) - 0,79 \times [p/760] \times (T - T_w)\} \quad (5)$$

em que p representa a pressão atmosférica em mmHg.

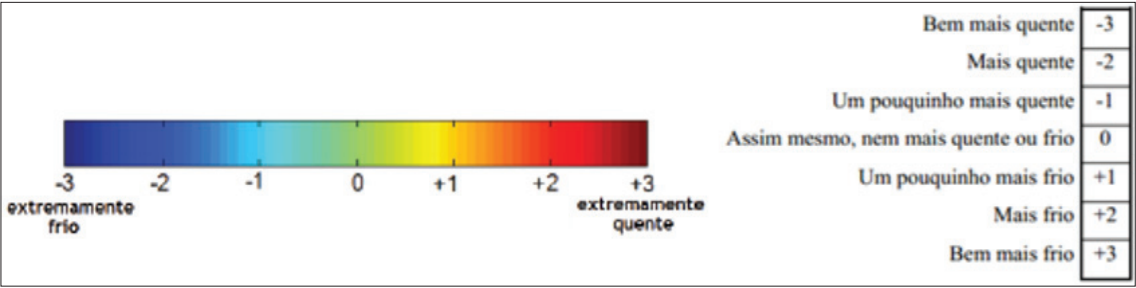


Fig. 1 - Escala se sensação térmica (Talaia e Rodrigues, 2008) e escala (ISO 7730, 2005).

Fig. 1 - Thermal sensation scale (Talaia and Rodrigues, 2008), and scale (ISO 7730, 2005).

Por definição de humidade relativa do ar, pode-se escrever com excelente aproximação:

$$e_s(T_0) = U \times e_s(T) \quad (6)$$

em que $e_s(T_0)$ representa a pressão de saturação de vapor de água à temperatura do ponto de orvalho e $e_s(T)$ a pressão parcial de saturação de vapor de água à temperatura do ar.

A massa volúmica do vapor de água, ρ_w , foi determinada pela aplicação da equação de estado:

$$e_s = \rho_w R_w T_0 \quad (7)$$

em que e_s representa a pressão parcial de saturação do vapor de água à temperatura do ponto de orvalho, T_0 , e R_w a constante particular para o vapor de água.

A consulta de cartas meteorológicas e a interpretação do afastamento das linhas isobáricas a partir de centros de baixa e alta pressão podem ajudar acerca das características do vento e da origem das massas de ar (tipo de circulação atmosférica) (Holton, 2004; Talaia e Fernandes, 2009).

A radiação solar ao interseitar a superfície terrestre pode elevar a temperatura do solo e haver a perceção de um solo a arder (ondas de calor radiante) a partir da aplicação da expressão (Massey, 2002):

$$Q = m \times c \times \Delta T \quad (8)$$

em que Q representa a energia absorvida ou cedida (calor sensível), m a massa da substância, c a capacidade térmica mássica da substância e ΔT a elevação da temperatura. Na prática a baixa capacidade térmica da substância (solo) sugere uma cobertura de solo com uma temperatura alta. Por outro lado, é bom salientar que a taxa de evaporação depende da humidade da substância (solo) e da vegetação, através da mudança de fase (Massey, 2002), por aplicação de

$$Q = m \times L \quad (9)$$

em que Q representa a energia absorvida ou cedida (calor latente), m a massa de água, L o calor de transformação ou variação da entalpia (o valor típico aceite é $2,45 \times 10^6 \text{ J/kg}$).

Qualidade do ar face a um incêndio florestal

As consequências de um incêndio florestal agravam os surtos de doenças respiratórias, nomeadamente a DPOC (Doença Pulmonar Obstrutiva Crónica), na sua vertente DVO (Doença Ventilatória Obstrutiva). Na prática a DVR (Doença Ventilatória Restritiva) é comum no fumador. Clark *et al.* (1999) mostraram que a qualidade do ar parece agravar os sintomas em crianças com asma, e que a diminuição da função pulmonar tem sido associada à exposição ao fumo, material particulado, ozono troposférico, dióxido

nitroso e dióxido de enxofre. Lemos (2000) refere que vários estudos realizados sobre a natureza da poluição do ar exterior e interior mostram que a qualidade do ar é um fator primordial na saúde das pessoas.

A poluição é provocada por uma mistura de substâncias químicas, lançadas no ar por fontes emissoras de poluentes ou resultantes de reações químicas, que alteram o que seria a constituição natural da atmosfera. As fontes emissoras dos poluentes atmosféricos podem ser antropogénicas ou naturais. As fontes antropogénicas resultam das atividades humanas e as fontes naturais englobam fenómenos da Natureza, tais como, emissões provenientes de erupções vulcânicas, ou fogos florestais de origem natural.

O Índice de Qualidade do Ar é uma ferramenta que permite uma classificação simples e compreensível do estado da qualidade do ar. A legislação define “limiares de alerta” para alguns poluentes. Acima de determinadas concentrações, mesmo em exposições de curta duração, os poluentes acarretam alguns riscos para a saúde humana. Nestes casos, a população deve ser informada com a máxima urgência.

A qualidade do ar é o termo que se usa, normalmente, para traduzir o grau de poluição no ar que respiramos. Na TABELA II podem-se observar índices da qualidade do ar (<https://apambiente.pt/ar-e-ruído/indices-de-qualidade-do-ar>), apresentados na forma de uma escala de cores que traduzem os intervalos das classes.

TABELA II - Índices da qualidade do ar, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

TABLE II - Air quality indices, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Classificação	PM ₁₀	PM _{2,5}	NO ₂	O ₃	SO ₂
Muito Bom	0-20	0-10	0-40	0-80	0-100
Bom	21-35	11-20	41-100	81-100	101-200
Médio	36-50	21-25	101-200	101-180	201-350
Fraco	51-100	26-50	201-400	181-240	351-500
Mau	101-1200	51-800	401-1000	241-600	501-1250

URL: <https://apambiente.pt/ar-e-ruído/indices-de-qualidade-do-ar>

A O.M.S (Organização Mundial de Saúde) tem como objetivo fornecer uma base para proteger a saúde pública dos efeitos adversos dos poluentes atmosféricos e eliminar ou reduzir a exposição aos poluentes que são conhecidos ou suscetíveis de serem perigosos para a saúde, ou para o bem-estar humano. As diretrizes destinam-se a fornecer informações básicas e orientações às autoridades (inter)nacionais e locais na tomada de decisões de avaliação e gestão de riscos. Ao estabelecerem níveis de poluentes inferiores aos indicados nas exposições, fornecem uma base para o estabelecimento de normas, ou valores-limite, para os poluentes atmosféricos (W.M.O., 2000a; W.M.O., 2000b).

Resultados obtidos na cronologia do estudo de caso - incêndio florestal

O estudo de caso considerou o dia 16 de agosto de 2024 e valorizou o estado do tempo atmosférico que se manifestada. Os parâmetros meteorológicos registados em abrigo meteorológico (temperatura do ar 25,9°C e temperatura do termómetro húmido 20,0°C) e à superfície terrestre, no solo e a céu aberto (temperatura do ar 38,7°C e temperatura do termómetro húmido 24,5°C) permitiram construir a TABELA III, em que a humidade relativa do ar foi determinada por aplicação da expressão (5), a temperatura do ponto de orvalho pela (6), o índice EsConTer pela (2), o índice ITV pela (4), o índice ITH pela (1), o índice PPD pela (3) e a massa volúmica do vapor de água pela (7).

A escala se sensação térmica real (Talaia e Rodrigues, 2008), ver a fig. 1, revelou a sensação térmica para os dois ambientes, ou seja, de 0,9 para o abrigo meteorológico (valor previsto 0,98 para um tipo de ambiente térmico ligeiramente quente) e de 3,0 para a superfície terrestre (valor previsto 2,76 para um tipo de ambiente térmico de muito quente com *stress térmico*).

Nos ambientes térmicos avaliados o isolamento térmico do vestuário usado foi de 0,16clo (a previsão do ITV para as condições do abrigo meteorológico é 0,48 o que mostra insuficiência de roupa; a previsão do ITV para as condições de solo é -0,50 o que mostra um excesso de roupa por ser um ambiente térmico demasiado quente, com tendência para *stress térmico* quente).

O índice ITH para uma temperatura superior a 26°C prevê um ambiente térmico demasiado quente, onde 100% dos indivíduos presentes estão em desconforto térmico e *stress térmico*.

A TABELA IV disponibiliza informação acerca do tipo de ambiente térmico.

Os valores indicados na TABELA IV mostram que, inequivocamente, o índice térmico EsConTer (fig. 1) sugere um tipo de ambiente térmico muito próximo do real, enquanto o índice ITH, mostra ser de banda larga de interpretação física por consulta a TABELA I.

A partir da previsão do tipo de ambiente térmico, com base nos valores medidos termohigrométricos, é possível gerar uma ponte de comunicação com a Junta de Freguesia para se adotaram estratégias de prevenção face a um local onde se localizavam habitações com elevado risco de incêndio. Uma imagem de habitações abandonadas pelos proprietários e com mata florestal é mostrada (fot. 3).



Fot. 3 - Casa com risco de incêndio - ausência de limpeza (Fotografia de Mário Talaia, tirada a 20/08/2024).

Photo 3 - House at risk of fire - lack of clearing (Photograph by Mário Talaia, taken on 08/20/2024).

TABELA III - Dados registados e determinados para o dia 16/08/2024.

TABLE III - Data recorded and determined for 16/08/2024.

Tar (°C)	T _w (°C)	U (%)	T _o (°C)	EsConTer	ITH (°C)	ITV (clo)	PPD (%)	ρ _w (g/m ³)	Local
25,9	20,0	55,9	16,6	0,98	23,6	0,48	25,3	14,3	abrigo
38,7	24,5	28,0	17,4	2,76	33,1	-0,50	97,4	15,0	solo

Nota: T_{ar} representa a temperatura do ar, T_w a temperatura do termómetro húmido, U a humidade relativa do ar, T_o a temperatura do ponto de orvalho, EsConTer o índice de sensação térmica, ITH o índice temperatura e humidade relativa do ar, ITV o índice térmico do vestuário, PPD o índice de insatisfeitos no local e p_w a massa volúmica do vapor de água.

TABELA IV - Cenários para diferentes condições atmosféricas.

TABLE IV - Scenarios for different atmospheric conditions.

Tar (°C)	U (%)	T _w (°C)	T _o (°C)	EsConTer	ITV (clo)	ITH (°C)	ITH descrição	ρ _w (g/m ³)	PPD (%)
40	20	23,1	13,4	2,75	-0,60	33,6	demasiado quente	11,7	97,3
40	10	19,9	3,3	2,42	-0,60	32,8	demasiado quente	6,1	91,6
30	30	18,8	10,9	1,28	0,16	25,8	necessidade ventilação	10,0	39,2
20	40	13	6,2	-0,35	0,93	17,6	necessidade aquecimento	7,3	7,5
22	60	17,2	14,0	0,29	0,78	20,2	necessidade aquecimento	12,2	6,7
10	40	5,1	-2,9	-2,19	1,69	8,8	necessidade aquecimento	4,0	84,5

As condições atmosféricas de risco de incêndio registadas a 16 de agosto de 2024 estavam a manter os solos com uma temperatura significativamente alta devido à energia proveniente da radiação solar direta estar a ser absorvida pelo solo com base num baixo albedo e baixa capacidade térmica mássica de cobertura ou solo aberto.

A 16 de setembro de 2024 ocorre um incêndio, mantendo o movimento de massas de ar com padrão similar aos incêndios anteriores (por observação direta do movimento da frente de fogo e lançamento de projéteis), chegou à aldeia, como se mostra em esboço aproximado (fig. 2). De registar que os anciãos das aldeias conhecem, por experiência e por observação, o movimento da frente de fogo.

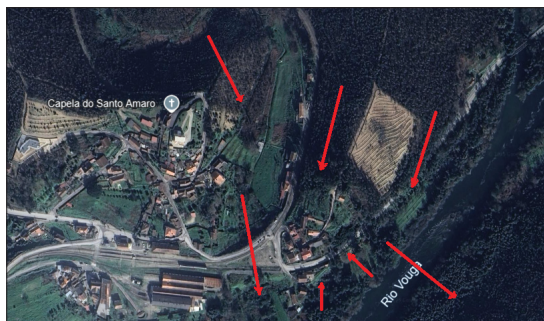


Fig. 2 - Imagem earth.google Sernada (<https://earth.google.com/web/search/sernada/>, 22/01/2025).

Fig. 2 - Image earth.google Sernada (<https://earth.google.com/web/search/sernada/>, 22/01/2025).

Os fluxos de massa de ar indicados, pelas setas a vermelho (fig. 2), são gerados por uma pressão alta que é criada pelo anticiclone dos Açores, numa extensa região que se movimenta para o Vale-do-Vouga, que inclui o rio Vouga. O ar que desce para a superfície terrestre perde humidade relativa, e circula como canais ou jatos de ar aquecido, nos vales, com condições de movimento acelerado, favorecendo condições atmosféricas ótimas para manter em combustão eventuais projéteis que são transportados pela corrente do ar e que favorecem novos focos de incêndio por ignição e por divergência. Este avanço de novas frentes de fogo obriga a tomada de decisões muito rápidas, via bombeiros. Na prática, as massas de ar ao atravessarem os vales, mostram tendência para acelerar à medida que avançam, porque a secção reta da massa de ar em movimento e segundo o escoamento diminui, ou seja, a energia cinética aumenta devido à diminuição da energia de pressão. A orografia pode facilitar a ascensão de massas de ar o que favorece o processo termodinâmico que faz a vegetação secar e se torne favorável à propagação do fogo e à propagação do incêndio florestal (Holton, 2004), de acordo com as expressões (8) e (9).

Na aldeia e devido à orografia do solo os projéteis incendiários, ao serem transportados em condições ideais

de se manterem em chama, voaram por cima da larga faixa de linhas ferroviárias em direção a sul. Ao caírem no solo de campos abandonados de vegetação (mato) e árvores, num sistema de avanço por divergência da ignição, em menos de 30min a frente de fogo aumentou destruindo árvores e deslocando-se para habitações (fot. 4, fot. 5).



Fot. 4 - Avanço das chamas, projéteis incendiários voadores, destruição de casa (Fonte: autor, tirada a 16/09/2024).

Photo 4 - Progression of the fire, flying incendiary projectiles, destruction of house (Source: author, taken on 16/09/2024).

Face à propagação e avanço da frente de fogo os bombeiros têm de tomar decisões e estratégias de intervenção. Uma decisão de que não há perigo para bens e habitações é, muitas vezes, problemática e de ponto de vista. Solicitar aos moradores para entrarem nas habitações e aguardar o fim do incêndio, pode aumentar o risco de sobrevivência. Devido ao avanço rápido das frentes de fogo, em menos de 10min, as habitações já estavam a ser destruídas.

Fechar a rede pública da água aumenta a ansiedade de moradores e o risco de sobrevivência. A importância da água a ser usada em incêndio florestal de acordo com a mecânica de fluidos e termodinâmica (Eskinazi, 1975; Massey, 2002; Kay e Nedderman, 2013), mostra que o jato de água criado pela agulheta da mangueira de bombeiros tem um alcance máximo função da diferença de pressão da água, a montante e a jusante, na passagem pela agulheta. Se a diferença de pressão a montante e a jusante (na linha de corrente) se mantiver constante o alcance da água é sensivelmente constante, no tempo, estando o operador protegido. Se a diferença de pressão diminuiu a situação de “folha seca” pode ocorrer e o jato de água colapsa, ou seja, nesta situação o operador tem tendência de se aproximar da frente de fogo. É



Fot. 5. -Casa após o incêndio
(Fonte: autor, tirada a 16/09/2024).

*Photo 5 - House after the fire
(Source: author, taken on 09/16/2024).*

bom referir que o jato de água, no seu movimento, gera um tubo de ar turbulento com a máxima velocidade da corrente gasosa na sua parede interior favorecendo a formação de intensas labaredas. A velocidade da película exterior de água na sua cobertura longitudinal afeta a camada de ar na interface obrigando-a a adquirir a mesma velocidade, justificada pela tensão superficial de corte que é proporcional ao gradiente de velocidades criado. A água em contacto com o fogo provoca arrefecimento no poder calorífico e o ar quente na sua vizinhança fica saturado com vapor de água com elevada temperatura. Nestas situações o operador da agulheta deve manter distância de segurança.

Devido às línguas de labareda criadas numa casa a arder (fot. 4), a defesa pode passar, por exemplo, através de mantas encharcadas de água como abafadores.

Atualmente nos *Media* fala-se sobre aldeia segura, mas a questão problema que surge é: como aplicar em contexto real o que se observa como estratégia de salvação? A observação de imagens mostra uma grande diferença entre um cenário virtual e um cenário real.

O incêndio aqui interpretado, como estudo de caso, mostra pontes de intervenção para a prevenção e segurança. O resultado do incêndio foi a destruição da floresta e de cinco habitações (três devolutas) com presença de mato e árvores. O incêndio florestal de 1972, no mesmo local, com dimensão de propagação muito semelhante não provocou perda de habitações. Quiçá a diferença esteve na diferença de população, e

na falta de água. O fumo voltou a ser a grande barreira a enfrentar. Em 1972 os campos e as matas florestais eram limpas pelos hábitos usados em aldeia. A população, a partir do toque do sino da igreja, juntava meios sapadores, uniam-se posicionando grupos em zonas que recebiam projéteis incendiários. Grupos de bombeiros de diferentes companhias fizeram parte, não faltando a água (quer de bocas de incêndio, quer do rio). Atualmente há uma diferença de cidadania pois aparecem inúmeros observadores que muitas vezes estrangulam os acessos rodoviários e mostram preocupação por captar imagens e vídeos para serem publicados, alguns, nas redes sociais.

A qualidade do ar durante o incêndio - dia 16 de setembro de 2024

No local do incêndio foi usado um monitor de qualidade do ar, para detetar níveis de CO₂, CO, PM_{2,5}, PM₁₀, HCHO (de formaldeído, benzeno) e TVOC (de compostos orgânicos voláteis), de acordo com a TABELA V.

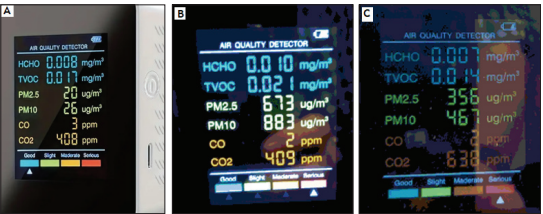
TABELA V - Indicadores de qualidade de ar (monitor usado).

TABLE V - Air quality indicators (monitor used).

Poluentes	unidades	sem Poluição Boa	Poluição ligeira	Poluição moderada	Poluição gravosa
avaliados		(0-100)	(100-150)	(150-300)	(> 300)
HCHO	mg/m ³	0-01	0,1-0,2	0,2-0,5	>0,5
TVOC	mg/m ³	0-0,6	0,6-1,5	1,5-3,0	>30
PM _{2,5}	µg/m ³	0-75	75-100	100-150	>150
PM ₁₀	µg/m ³	0-100	101-150	150-200	>200
CO	ppm	0-50	51-100	100-200	>200
CO ₂	ppm	0-799	800-1599	1600-2000	>2000

(Fonte: dados do monitor usado
Source: data from the monitor used).

As concentrações de poluentes registados, durante o incêndio, são indicadas (fot. 6). Não se construiu uma tabela com os dados observados em imagem e com a diferença de tempo (inferior a três horas), pois as fotografias mostram autoridade do que estava a acontecer.



Fot. 6 - Imagens A, B e C do painel do monitor
(Fotografia de Mário Talaia, tiradas a 16/09/2024).

*Photo 6 - Images of the monitor panel
(Photograph by Mário Talaia, taken on 09/16/2024).*

O painel do monitor usado é mostrado (fot. 6A) assim como dois momentos de registos em tempos diferentes e indicados pela carga da bateria (fot. 6B e fot. 6C).

A observação visual do painel, mostra, inequivocamente, a alta concentração das partículas $PM_{2,5}$ e PM_{10} , indicando um ambiente SEVERO para os seres vivos. O valor de $673\mu g/m^3$ está muito acima do valor de referência de $150\mu g/m^3$ para poluição moderada do poluente $PM_{2,5}$ e o valor de $883\mu g/m^3$ está muito acima do valor de referência de $200\mu g/m^3$ para o poluente PM_{10} . Estes valores sugerem que o alerta à população local, via rádio ou via SMS, deve ser considerada a partir da Proteção Civil.

Previsão de estado de tempo para os dias 08 e 09 de outubro de 2024

A destruição ocorrida nas faixas de corredor do incêndio deixou um rasto de problemas. O cenário sugeria uma necessidade de limpeza de toda a floresta queimada que envolve zonas de risco (vias de comunicação rodoviárias e ferroviárias), derrubar paredes de habitações que mostrassem perigo de derrocada (proteção de crianças e animais) e abate de árvores junto às faixas de rodagem de estradas.

A previsão do estado do tempo atmosférico mostrava que o local do incêndio estaria sob a influência de uma depressão (fig. 3) que suscitava a ocorrência de ventos com intensidade de velocidade próxima de $150 km/h$, de acordo com a aproximação geostrófica (Talaia e Fernandes, 2009).

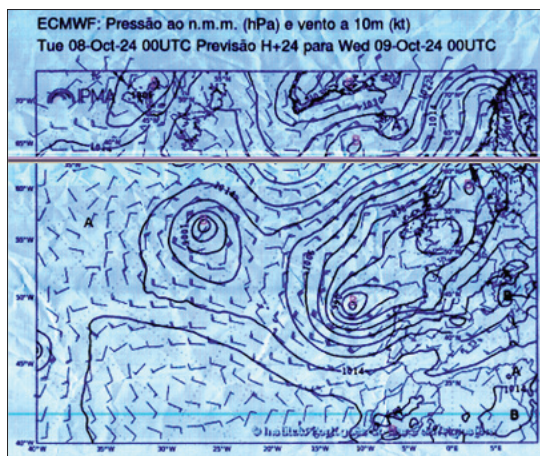
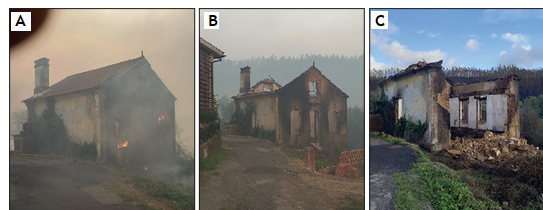


Fig. 3 - Carta Meteorológica para dias 8/10 e 9/10/2024
(URL: <https://www.ipma.pt/pt/otempo/prev.numerica/>).

Fig. 3 - Weather chart for 8/10 and 9/10/2024
(URL: <https://www.ipma.pt/pt/otempo/prev.numerica/>).

O exemplo que se apresenta mostra, inequivocamente, como as forças da natureza se tornam destrutivas, num exemplo de uma casa, cujo incêndio deixou em pé paredes e chaminé (fot. 7B). A intensidade da força do vento, através da velocidade do vento gerou, no dia 9 de outubro de 2024, a destruição completa da chaminé e da parede do alçado poente (fot. 7C). As restantes três fachadas mostram um risco para pessoas e animais. De

acordo com a mecânica de fluidos, a energia cinética das linhas de corrente da massa de ar em movimento foi obrigada, ao colidir com a parede e/ou chaminé, a tender para zero, potenciado, de igual valor, a energia de pressão. É o aumento da pressão que provoca o derrube da chaminé e da parede poente (fot. 7C).



Fot. 7 - Casa destruída por duas vias: incêndio e vento
(Fotografia de Mário Talaia, tirada a 09/10/2024).

Photo 7 - House destroyed in two ways: fire and wind
(Photograph by Mário Talaia, taken on 09/10/2024).

Há soluções para mitigar o risco de incêndio

Apresenta-se uma estratégia de prevenção elaborada por um grupo de investigadores usando uma área de ciprestes (fot. 8) que sobreviveram a um incêndio florestal de Andilla - ravina de Herbasana, Jerica (Espanha), em 2012 (Della Rocca *et al.*, 2015). Em laboratório, estudaram a inflamabilidade da vegetação e mostraram que os ciprestes são capazes de tolerar secas severas e altas temperaturas e podem ser uma barreira eficaz contra a iniciação ou avanço de incêndios devido ao seu baixo grau de ignição. Uma das medidas a serem adotadas para controlar incêndios será com o uso de barreiras verdes. Foi nesta perspetiva que surgiu o projeto *CypFire*, financiado pela União Europeia, que estudou a possibilidade de se realizar a plantação de variedades selecionadas de ciprestes para reduzir o risco de início ou avanço de incêndio de forma viável, ecológica e económica (Della Rocca *et al.*, 2014; Della Rocca *et al.*, 2015).



Fot. 8 - Ciprestes verdes após incêndio
(<https://www.eurekalert.org/news-releases/608232>).

Photo 8 - Green cypress trees after fire
(<https://www.eurekalert.org/news-releases/608232>).

Della Rocca *et al.* (2014) e Della Rocca *et al.* (2015) realizaram experiências para caracterizar a importância do cipreste face ao avanço de um incêndio florestal. Para o efeito, colheram amostras (material vivo e morto) da plantação de ciprestes no terreno experimental da CypFire em Jérica (Castellón, Espanha) e testaram as amostras de que forma reagem ao fogo, ou seja, testaram a velocidade de queima, usando quatro etapas: a capacidade da amostra ser inflamável; a propriedade da amostra como combustível continuar a queimar; a velocidade de queima da amostra, e a quantidade de amostra que queima. No geral, os ensaios mostraram uma baixa inflamabilidade e resistência à ignição dos ciprestes devido ao seu alto teor de humidade mostrando que as suas folhas são capazes de manter o seu teor de água alto durante o verão.

O projeto Cypfire cofinanciado pelo “FEDER do European Union’s Med programme for regional cooperation and developed in collaboration with partners from nine Mediterranean countries, nomeadamente Italy, France, Portugal, Greece, Malta, Spain, Tunisia, Israel and Turkey” (Della Rocca *et al.*, 2014) sugere a plantação de barreiras verdes de ciprestes para reduzir o risco de início ou avanço de incêndio florestal. Os autores mostraram várias soluções com detalhe de distâncias e tipo de ordenamento florestal. Por opção, são identificadas duas soluções: uma com vista de planta horizontal e alçado vertical para terreno desnivelado (fig. 4) e outra para terreno plano (fig. 5).

Na aldeia, uma propriedade comprovou a eficácia do uso de linhas de proteção de Ciprestes da variedade de

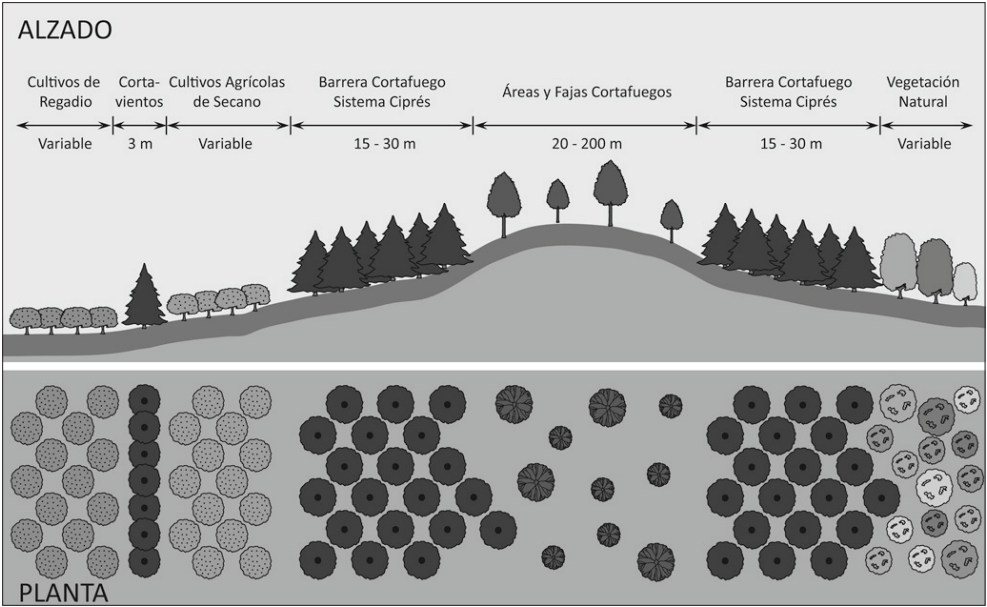


Fig. 4 - Planta de terreno desnivelado (Fonte: Della Rocca *et al.*, 2015).

Fig. 4 - Uneven terrain plan (Source: Della Rocca *et al.*, 2015).

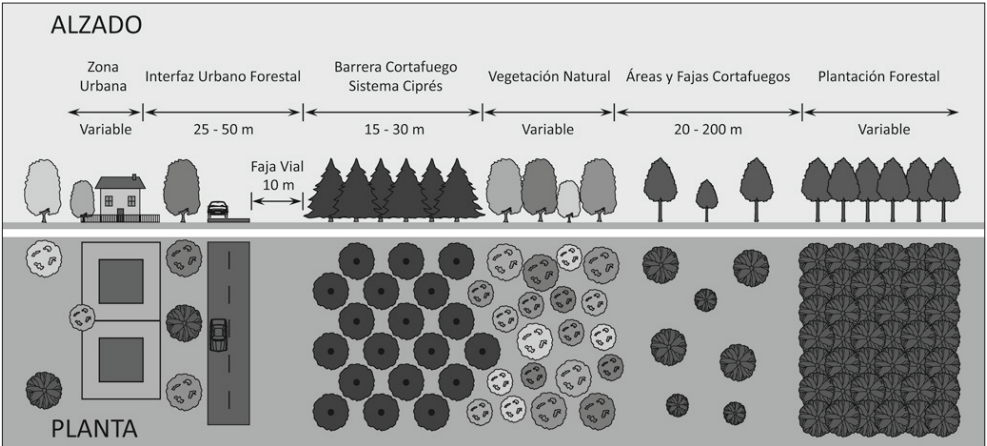


Fig. 5 - Planta de terreno plano (Della Rocca *et al.*, 2015).

Fig. 5 - Flat terrain plan (Della Rocca *et al.*, 2015)

espécie de coníferas, da família das cupressaceae, ou família dos ciprestes para proteger ou reduzir o avanço da frente do incêndio florestal (fot. 9).



Foto 9 - Ciprestes a circundar terreno para bloquear avanço das labaredas de eucalipto para árvores de fruta
(Fotografia de Mário Talaia: autor tirada a 02/10/2024).

*Photo 9 - Cypress trees surrounding land to block the spread of the flames from the eucalyptus to fruit trees
(Photograph by Mário Talaia, taken on 02/10/2024).*

A observação visual, após o incêndio de 16 de setembro de 2024, mostra, inequivocamente, que os ciprestes funcionam como barreira corte fogo.

Limpeza da floresta que acompanha as vias rodoviárias

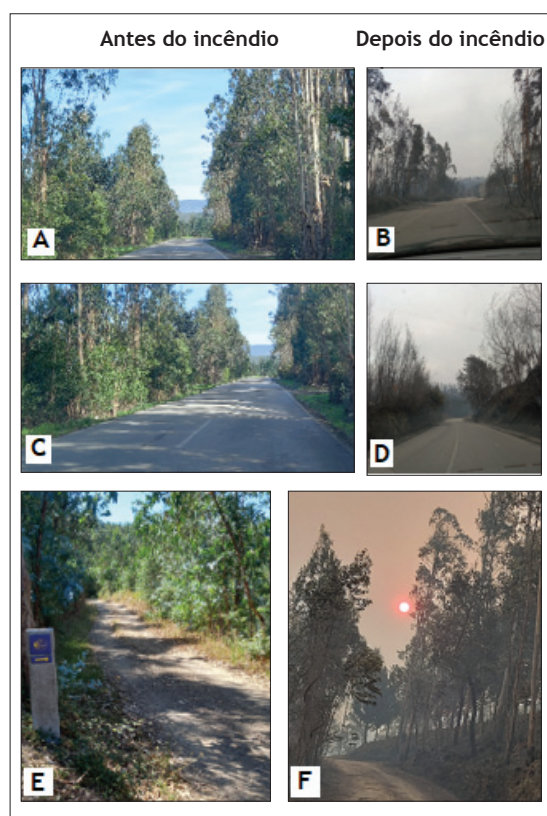
No geral, as vias de acesso rodoviárias para qualquer aldeia ou localidade são prejudicadas pelas árvores que estão contíguas às bermas das faixas de rodagem (fot. 10A e fot. 10C) impedindo que, durante incêndios, familiares ou amigos se possam deslocar para ajudar e socorrer pessoas e bens materiais. Qualquer incêndio torna as faixas de rodagem com risco para a circulação rodoviária pela possibilidade de queda de árvores queimadas (fot. 10B e fot. 10D).

A via pública entre duas localidades (Sernada do Vouga e Açores), devido ao seu mau estado, favorece (por ser um vale) o movimento de frente de fogo, no entanto bloqueia a movimentação de tanques de água de viaturas de bombeiros (fot. 10E e fot. 10F). A Junta de Freguesia deverá adotar estratégias de conservação.

Considerações finais

Este trabalho mostra que a avaliação do risco de incêndio está relacionada com o tipo de ambiente térmico. Nesta perspetiva, os índices indicados para a determinação da sensação térmica, insatisfação e vestuário são apropriados como indicadores de ambiente térmico muito quente, que potenciam incêndios florestais. São nos ambientes térmicos quente (sensação térmica +2) e nos ambientes térmicos muito quentes (sensação térmica de +3) que se deve acautelar estratégias de intervenção para minimizar o risco de incêndio florestal.

Este estudo de caso mostra que é a falta de limpeza que favorece o avanço de frentes de fogo. O cumprimento da lei com as distâncias de segurança para habitações é fator impeditivo para o avanço de ignições e de frentes de fogo.



Fot. 10 - Incêndio antes (20/08/2024) e depois (6/09/2024)
(Fotografia de Mário Talaia).

*Photo 10 - Fire before (20/08/2024) and after (16/09/2024)
(Photograph by Mário Talaia).*

O estudo de caso, mostrou como habitações com árvores e vegetação (mato de silvas e tojos) geram verdadeira angústia. O denso fumo danifica a transparência e qualidade do ar, impede a visão e potencia a hipoxia. A concentração de poluentes indica, para qualquer incêndio florestal, valores severos para $PM_{2,5}$ e PM_{10} .

As cartas meteorológicas são um excelente suporte para identificar a cada momento o tipo de circulação atmosférica que alimenta o incêndio. Neste estudo de caso, usou-se a aproximação geostrófica, que mostrou uma previsão para a intensidade do vento de cerca de 150km, o que sugere aviso à população para adotar estratégias de intervenção de proteção e de segurança.

Este estudo de caso, apresenta uma coleção de fotografias capazes de serem interpretadas fisicamente e gerar eventuais pontes de investigação para minimizar futuros riscos de incêndio.

É apresentada solução para floresta corta-fogo e esboço de localização de planeamento florestal (Della Rocca *et al.*, 2014; Della Rocca *et al.*, 2015). Os autores sugerem a possibilidade de explorar algumas das características morfológicas, funcionais e ecológicas da variedade de cipreste capazes de reduzir o risco de incêndios.

A distância temporal entre o incêndio de 1972 e o incêndio de setembro de 2024 mostra alguma semelhança no padrão de movimentação da frente de fogo face às ignições (projéteis incendiários). A diferença, neste estudo de caso, foram cinco habitações destruídas (duas habitadas e três devolutas), mesmo considerando a existência de melhores meios de intervenção (vestuário e equipamento). É na limpeza que está o alicerce da ignição do incêndio florestal. Os terrenos onde lavrou o incêndio, nesta fase, com cobertura de silvados, fetos afeitos e tojos, sugerem que dentro de três anos a aldeia possa estar, novamente, em risco de incêndio.

Os resultados obtidos e as interpretações físicas sugerem que este trabalho pode ser generalizado para tomada de estratégias para se viver numa aldeia segura.

- Por último, apresentam-se algumas sugestões, de reflexão, como contribuição de minimizar o risco de incêndio, numa aldeia segura: Cumprir a base e a orientação do Decreto-Lei no que diz respeito à aplicação das regras para limpezas de floresta junto de habitações, vias rodoviárias e vias-férreas;
- Assistir a uma formação anual das técnicas de segurança para queima de sobrantes florestais, podas, etc.;
- Suscitar a aplicação da lei para situações que favoreçam risco de incêndio e ponham em risco pessoas e bens que residam em habitações contíguas;
- Planear um ordenamento florestal, que apresente faixas de árvores corta-fogo;
- Constituir em aldeias, comissões de três pessoas voluntárias e proprietários (para darem exemplo na limpeza de terrenos). Tentar motivar quem tiver formação na especialidade. Estas comissões, para se firmar uma aldeia segura, teriam como competências: conhecimento do terreno e circulação das massas de ar; conhecimento da localização de bocas de incêndio; inventário da disponibilidade de mangueiras, meios sapadores, bombas de água, geradores, etc.; inventário da existência de poços ou furos (água); alertas para quem não mantiver quintais e zonas de floresta limpas que ponham em risco pessoas e bens; alertas para quem não cumprir com as distâncias de segurança das habitações face ao mato e árvores; motivar os proprietários à plantação de faixa de árvores corta-fogo; manter uma ligação direta, permanente, com a Junta de Freguesia. Sugere-se uma compensação na redução de IMI, valor igual para cada membro da comissão de voluntários num objetivo comum de **“todos por um ou um por todos... para se ter uma aldeia segura”**.

Agradecimentos

Este trabalho foi financiado por Fundos Nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito da Unidade de I&D CIDTFF, com a referência UID/00194/2025.

Referências bibliográficas

- Ahrens, C. D. (2012). *Essentials of Meteorology: An Invitation to the Atmosphere*. Sixth Edition Brooks/Cole, Cengage Learning, Belmont, USA.
- Ahrens, C. D. e Henson, R. (2019). *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment*, 13 Edition Brooks/Cole, Cengage. Learning, Belmont, USA.
- ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS (2004). *Thermal environmental conditions for human occupancy*, ASHRAE 55, Atlanta.
- Clark, N. M., Brown, R. W., Parker, E., Robins, T. G., Remick, D. G., Philbert, M. A., Keeler, G. J. e Israel, B. A. (1999). *Childhood asthma, Environmental Health Perspectives*, 107, 421-429 Suppl.3.
- Della Rocca, G., Hernando, C., Madrigal, J., Danti, R., Moya, J., Guijarro, M., Pecchioli, A. e Moya, B. (2015). Possible land management uses of common cypress to reduce wildfire initiation risk: a laboratory study. *Journal of Environmental Management*, 159:68-77. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.05.020>
- Della Rocca, G., Danti, R., Raddi, P., Moya, B. e Moya, J. (2014). Projet CypFire Implementation of the “cypress system” as a green firewall. *Forêt Méditerranéenne*. XXXV, 3: 275-280.
- Eskinazi, S. (1975). *Fluid Mechanics and Thermodynamics of our environment*. Academic Press Inc, New York.
- Guerra, A. M., Coelho, J. A. E e Leitão, R. E. (2006). Fenomenologia da combustão e extintores. *Coleção Manual de Formação Inicial do Bombeiro*, vol. VII. Edição Escola Nacional de Bombeiros. Gráfica Europam, Lda, Sintra.
- Holton, J. R. (2004). An Introduction to dynamic meteorology. *International Geophysics Series*, vol. 88. Elsevier Academic Press, Fourth Edition. San Diego - California, USA.
- IMFLORESTAL (2014). Estudo de contaminação ambiental, nomeadamente CO₂, provocado pela queima das podas existentes. *Renewable Green Energy*. Projeto n.º 34001, Ibero Massa Florestal, Lda. 52 p.
- Iribarne, J. V. e Godson, W.L. (1981). *Atmospheric thermodynamics, Geophysics and Astrophysics Monographs*, vol 6, R. Reidel Publishing Company, London.

- ISO 7730 (2005). *Ergonomics of the thermal environment- Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*. International Organization for Standardization.
- Kay, J. M. e Nedderman, R. M. (2013). *An Introduction to Fluid Mechanics and Heat Transfer: With Applications in Chemical & Mechanical Process Engineering*. Cambridge University Press
- Jaspe, Z. I. R. e Vega, R. E. R. (2005). *Cambio climático y las condiciones de confort ambiental*. Proceedings of the III Congresso Cubano de Meteorologia, CDRom, Havana, Cuba, paper CLI_Confort Ambiental, 10 pages.
- JIS Z 8806 (1995). *Humidity measurement methods*.
- Lemos, E. (2000). *Poluição interior: Abordagem ao Síndrome dos Edifícios Doentes*. Disponível em: http://www.ipv.pt/millennium/ect7_etl.htm
- Massey, B. S. (2002). *Mecânica dos Fluidos*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- McIntosh, D. H. e Thom, A. S. (1981). *Essentials of meteorology*, the Wykeham Sciences Series, Taylor and Francis, Ltd, London.
- Morgado, M., Talaia, M. e Teixeira, L. (2015). A new simplified model for evaluating thermal environment and thermal sensation: An approach to avoid occupational disorders, *International Journal of Industrial Ergonomics*. 1-11
- Nieuwolt, S. (1977). *Tropical climatology*. London.
- Seeley, R., Tate, P. e Stephens, T.D. (2011), *Anatomia & Fisiologia*, 8ª Edição: Lusociência, Lisboa, 1280p.
- Talaia, M. (2021). Como parâmetros que definem um Ambiente Térmico potenciam riscos: estudo de casos. *Geografia, Riscos e Proteção Civil. Homenagem ao Professor doutor Luciano Lourenço*. coordenadores: Adélia Nunes, António Amaro, António Vieira, Fátima Velez de Castro e Fernando Félix. Edição: RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança. 1.ª Edição. Volume 2 (503-516). ISBN: 978-989-9053-05-2 ISBN digital: 978-989-9053-06-9. DOI: https://doi.org/10.34037/978-989-9053-06-9_1.2
- Talaia, M. (2023). Minimizar o risco de fogo em amontoados de sobrantes florestais, através da educação escolar. *Territorium - Revista Internacional de Riscos*, 30(II): Impactes dos incêndios florestais nos ecossistemas, perceção e gestão do risco. Editores: RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança; IUC - Imprensa da Universidade de Coimbra, ISSN: 0872-8941, Coimbra, 57-68. DOI: https://doi.org/10.14195/1647-7723_30-2_5
- Talaia, M. e Almeida, C. (2017). Triagem diagnóstica da doença pulmonar obstrutiva crónica. *Territorium - Revista Internacional de Riscos*, 24: Multidisciplinaridade na análise das manifestações de risco. Editores: RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança; IUC - Imprensa da Universidade de Coimbra, ISSN: 0872-8941, Coimbra, 165-176. DOI: https://doi.org/10.14195/1647-7723_24_12
- Talaia, M. e Fernandes, R. (2009). Diagnóstico de vento de uma região usando uma carta meteorológica de superfície. *Territorium- Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança*, n.º 16. Editor: RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança; ISSN: 0872-8941, Lousã, 63-68. DOI: https://doi.org/10.14195/1647-7723_16_6
- Talaia, M., Meles, B. e Teixeira, L. (2013). *Evaluation of the Thermal Comfort in Workplaces - a Study in the Metalworking Industry*. Occupational Safety and Hygiene. Editors Arezes et al. Taylor e Francis Group: London, 473-477.
- Talaia, M. e Rodrigues, F. (2008) - *Conforto e Stress Térmico: Uma Avaliação em Ambiente Laboral*. Proceedings em CD-ROM da CLME'2008 / II CEM. 5º Congresso Luso - Moçambicano Engenharia - 2º Congresso de Engenharia de Moçambique. Maputo. Editores: Gomes et al. ISBN: 978-972-8826-20-8. Edições INEGI. Artigo 11A020, 15 páginas.
- Talaia, M. e Simões, H. (2009). *EsConTer: um índice de avaliação de ambiente térmico*. In V Congresso cubano de Meteorologia, p. 1612-1626. Somet- Cuba, Sociedade de Meteorologia de Cuba.
- Talaia, M., Sousa, J. e Saraiva, M. (2007). *Saúde e ambiente: Como se podem relacionar na agudização de doença respiratória*, Proceedings of 9ª Conf. Nacional do Ambiente, Um Futuro Sustentável - Ambiente, Sociedade e Desenvolvimento, 1:154-160.
- Whipple, F. J. W. (1933). *The wet-and-dry-bulb hygrometer: the relation to theory of the experimental researches of Awbery and Griffiths*. Proceedings of the Physical Society. 45 (2): 307-319. DOI: <https://doi.org/10.1088/0959-5309/45/2/314>
- W.M.O. (2000a). *Air quality guidelines for Europe*. World Health Organization, 2nd edition. European Series, No. 91 1.
- W.M.O. (2000b). *Air Quality, Energy and Health (AQE), Chemical Safety and Health Unit (CHE)*. Editors: World Health Organization. Regional Office for Europe. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789289013581>