

MINIMIZAR O RISCO DE FOGO EM AMONTOADOS DE SOBRANTES FLORESTAIS, ATRAVÉS DA EDUCAÇÃO ESCOLAR*

HOW TO REDUCE THE RISK OF WILDFIRES THROUGH EDUCATION IN SCHOOL

57

Mário Talaia

Universidade de Aveiro

Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores (Portugal)

ORCID 0000-0003-4311-6209 mart@ua.pt

RESUMO

O abandono da limpeza de campos florestais favoreceu o aumento do risco de incêndio. No passado, o tipo de vida nas aldeias levava ao uso de mato florestal o que permitia a limpeza de terrenos rurais. Este trabalho apresenta vetores para o risco de fogo em amontoados de sobranes florestais. É apresentado um algoritmo construído para compreender se no local se regista a formação da condensação de vapor de água. Foram realizadas entrevistas com base num questionário elaborado para uma comunidade de residentes de aldeia para conhecer a experiência de fazerem fogo de queima de amontoados. É sugerida uma proposta para a formação de cidadania e para a educação escolar, na área da formação no que respeita aos itens que condicionam a preparação e a prevenção para a queima de amontoados.

Palavras-chave: Queima de sobranes florestais, condições atmosféricas, ponto de orvalho, educação escolar, formação cidadania.

ABSTRACT

Neglecting to clean up forest areas has favoured an increased risk of fire. In the past, village life involved using woodland undergrowth, which allowed the clearing of rural land. This work presents drivers for the risk of fire in piles of forest litter. An algorithm is presented that was constructed to understand whether the formation of water vapour condensation is recorded on site. Interviews were conducted based on a questionnaire prepared for a community of village residents to learn about the experience of making fires by burning forest litter. A proposal is suggested for citizenship training and education in schools, in the context of training regarding issues that influence the preparation and prevention for burning forest litter.

Keywords: Burning forest litter, weather conditions, dew point, school education, citizenship training.

* O texto deste artigo corresponde a uma comunicação apresentada no II Seminário da Rede Incêndios-Solo, tendo sido submetido em 12-04-2022, sujeito a revisão por pares a 19-05-2022 e aceite para publicação em 14-07-2022. Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 30 (II), 2023, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

Introdução

A descoberta do fogo pelo ser humano tornou a vida mais agradável, e deste modo, tornou algumas noites frias em ambientes térmicos mais confortáveis através do uso de fogueiras. O fogo passou, também, a ser usado para cozer alimentos, afastar animais selvagens (se fosse o caso) e iluminar locais. No entanto, desde muito cedo, o ser humano aprendeu a respeitar o fogo pois, sem controlo, pode provocar irreparáveis danos económicos, políticos, sociais e quebra de ecossistemas.

Falar de fogo ou de incêndio tem diferença científica, em termos de conceito. No fogo tem-se uma combustão controlada segundo o interesse do ser humano. A combustão é uma reação química particular acompanhada pela libertação de energia sob a forma de calor, isto é, uma reação exotérmica. Este fenómeno de elevada complexidade apresenta, por vezes, dificuldades no estabelecimento de regras de aplicação universal. 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, ou seja, um incêndio é uma combustão (fogo) sem controlo no espaço e no tempo. 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 (Guerra *et al.*, 2006).

O abandono da limpeza de campos florestais favoreceu o aumento do risco de incêndio, o qual está condicionado pela densidade da carga de combustível (vivos e/ou mortos), dimensão dos combustíveis, combustibilidade, humidade do combustível, condições termohigrométricas do ar, intensidade do vento e relevo, podendo suscitar o aumento da probabilidade de se desenvolverem incêndios de grandes proporções. No passado, o tipo de vida nas aldeias levava ao uso constante de mato nas chamadas “camas” de animais e esta prática contribuía para que os campos florestais estivessem limpos. Atualmente há regras legais para a limpeza de campos e matos que estão próximos de estradas, de casas e de aldeias.

O fogo resulta quando há presença de três elementos, nomeadamente o combustível, o comburente e a energia de ativação, que constituem o triângulo do fogo. Adiciona-se um quarto elemento denominado reação em cadeia que faz a manutenção e o desenvolvimento da combustão com presença de chamas (Guerra *et al.*, 2006). Nestes termos, equivale a afirmar que a existência de fogo está ligada ao triângulo do fogo, ou seja, quando há ligação entre o calor (ou fonte ignição), o combustível e o comburente (oxigénio). A ausência de um destes elementos bloqueia

o fogo, o que sugere que a extinção de fogo consiste na neutralização de um dos elementos do triângulo de fogo (Guerra *et al.*, 2006). O Tetraedro do Fogo é representado pelo combustível, comburente, calor e reação em cadeia. O isolamento dos elementos do tetraedro do fogo pode ser realizado por abafamento, arrefecimento, afastamento ou subtração do combustível, extinção por uso de substância química, e outros.

Assim, 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 combustíveis existentes nas áreas florestais. 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/>).

Os combustíveis vivos registam uma quantidade de água alta e os combustíveis mortos uma menor quantidade de água. Durante a noite, se houver condições atmosféricas favoráveis à formação de orvalho, o combustível ganha água face à massa do material estar seca, ou seja, desidratada. Esta situação pode dificultar a ignição e o desenvolvimento do fogo. A experiência mostra que, em geral, não basta misturar o combustível com o comburente para que se verifique a combustão, pois há necessidade de uma fonte de energia que possa ativar o processo, isto é, há necessidade de uma energia de ativação. Só pela presença destes três fatores se dá origem à combustão.

Neste trabalho são apresentados vetores para o risco de fogo em amontoados de sobranes florestais e, com base na experiência do autor caracteriza-se o ambiente térmico e as condições atmosféricas capazes de indiciar riscos de incêndio. É apresentado um algoritmo de fácil utilização para se conhecer se há, no dia queima, previsão para a formação de orvalho a partir dos dados disponíveis na Internet do IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera) para a temperatura do ar, a humidade relativa do ar e a temperatura mínima do ar.

São apresentados os resultados de entrevistas registadas com base num questionário elaborado para uma comunidade de pessoas que residem em aldeia e com experiência de fazerem fogo de queima de amontoados. O objetivo da entrevista foi detetar o conhecimento prático de uma população ativa de uma aldeia que é cercada por floresta dominada pela presença de eucalipto e familiarizada com presenças de fogos e incêndios, a cada ano, e com experiência na queima de amontoados de sobranes florestais e agrícolas.

Com base nos resultados obtidos a partir do questionário é apresentada uma estratégia para a preparação do local para a queima de amontoados de sobranes florestais e agrícolas com segurança evitando o risco de incêndio e que pode ser indicada como uma proposta para a

educação escolar, na área da formação cívica para a cidadania no que respeita aos itens que condicionam a preparação e a prevenção para a queima de amontoados.

Fundamentos teóricos

Queima de amontoados

De acordo com o Decreto-Lei n.º 124/2006 de 28 de junho, na sua redação atual, há regras definidas para a queima de amontoados. No geral, pode-se afirmar, que o interessado ou requerente a fazer a queima de amontoados deve-se identificar com o NIF, número de contacto telefónico, email e deve indicar a data e o motivo da queima, o local (incluindo distrito, município, freguesia e coordenadas geográficas) onde pretende a realização de queima de amontoados, usando fogo para a eliminação de sobranes de exploração florestal ou agrícola, como por exemplo podas de vinhas, de oliveiras, entre outros, cortados e amontoados. Deve, posteriormente, aguardar autorização por via SMS ou email.

Há várias práticas que usam o fogo como método de limpeza em cenários agrícolas e florestais, nomeadamente mondar eucaliptos, eliminar sobranes de árvores e agrícola. No entanto, durante tais práticas deve haver o cuidado de manter o fogo controlado e originar incêndio com consequências alteração de ecossistemas e socioeconómicas. O Decreto-Lei n.º 82/2021, de 13 de outubro, cria o Sistema de Gestão Integrada de Fogos Rurais e estabelece as suas regras de funcionamento. Na alínea l) do artigo 3.º, altera a definição de “queima de amontoados” para: “o uso do fogo para eliminar sobranes de exploração ou de gestão de vegetação, florestais ou agrícolas, totalmente cortados e depois de amontoados num espaço limitado que não ultrapasse 4 m² e uma altura de 1,3 m”.

Normalmente, e em locais rurais, há necessidade de, em quintais ou terrenos florestais, fazer limpeza de corte de amontoados. Esta prática deve ser realizada com segurança. Não basta garantir a experiência de quem faz queima de amontoados, pois podem surgir situações abruptas que não se conseguem dominar e o pânico facilita a propagação de um incêndio que se pode tornar avassalador. Normalmente, o tipo e a carga do combustível, assim como o vento, são os grandes facilitadores.

Há disponibilidade de informação para fazer uma queima de amontoados em segurança. Antes de dar conhecimento e solicitar aprovação, de acordo com a lei, para a queima de amontoados, deve-se preparar o local, isto é, escolher a zona que alimentará o fogo e ter os sobranes a queimar a alguma distância de segurança.

De acordo com a informação da página da internet de <https://fogos.icnf.pt/InfoQueimasQueimadas/> é

possível retirar informação para a queima de amontoados com segurança. O responsável ou requerente ou interessado pelo pedido de autorização da queima deve reunir condições adequadas para realizar a queima com segurança. Antes de proceder à queima deve comunicar aos bombeiros que a vai realizar. É da responsabilidade do requerente: abrir uma faixa limpa de vegetação à volta dos sobranes a queimar; não abandonar a queima de sobranes antes de estar terminada; apagar a queima de sobranes com terra ou água. É aconselhável que faça a queima acompanhado e deve ter um telemóvel para dar o alerta em caso de necessidade. A queima de sobranes deve ser realizada pouco a pouco e em montes de pequenas dimensões, em vez de amontoados muito grandes (sem exceder o 1,50m de altura).

O requerente ou responsável pela queima, deve consultar as páginas da internet <http://www2.icnf.pt/portal/florestas/dfci/risco-temporal-de-incendio> e deve verificar se as condições meteorológicas alteraram o risco de fogo para o dia e hora registada (a falsa declaração constitui crime previsto e punido pelo art.º 359 do código penal) e autorizada.

Na prática, o requerente assume a responsabilidade por danos que possam advir da queima e das autorizações adicionais e licenças que tenham de ser emitidas (<https://www.ipma.pt/pt/riscoincendio/rcm.pt/>).

Para uma queimada extensiva o fogo pode ser usado para renovação de pastagens ou eliminação de restolhos e de sobranes de exploração florestal ou agrícola, cortados e não amontoados. É proibido fazer queimadas durante o Período Crítico e fora do Período Crítico nos dias de risco de incêndio Elevado a Máximo. Para fazer uma queimada é obrigatório a autorização da respetiva Câmara Municipal ou Junta de Freguesia. Se a queimada extensiva for realizada sem acompanhamento técnico adequado, ou seja, um técnico credenciado em fogo controlado, equipa de sapadores florestais ou bombeiros, será considerada como uso de fogo intencional e condicionada por coima associada. É apresentada informação para a queima de amontoados de sobranes florestais, onde há informação que esclarecem alguma tramitação sobre a queima no sítio da Web <https://fogos.icnf.pt/InfoQueimasQueimadas/>.

O ar húmido e a queima de amontoados

O ar húmido, para efeitos de cálculo, é constituído apenas por dois gases perfeitos ou ideais, ou seja, pelo ar seco e pelo vapor de água. A equação de estado aplicada ao ar seco permite escrever

$$p_a = \rho_a R_a T \quad (1)$$

e aplicada ao vapor de água

$$e_s(T_d) = \rho_w R_w T_d \quad (2)$$

em que p_a representa a pressão parcial do ar seco (que é substituída por $p (= p_a + e_s)$ por ser $p = p_a$ dado ser $p_a \gg e_s$), p a pressão atmosférica, $e_s(T_d)$ a pressão parcial de saturação do vapor de água à temperatura do ponto de orvalho, ρ_w a massa volúmica do vapor de água, T a temperatura do ar, ρ_a a massa volúmica do ar seco, R_a a constante particular do ar seco, R_w a constante particular do vapor de água e T_d a temperatura do ponto de orvalho.

A pressão parcial de saturação do vapor de água e a temperatura estão relacionadas através da equação de Clausius Clapeyron (Eskinazi, 1975). O calor de transformação ou variação de entalpia ou calor latente de vaporização depende da temperatura. No entanto, para as temperaturas registadas na Troposfera, o valor típico aceite para o calor de transformação é de $2,5 \times 10^6 \text{ J.kg}^{-1}$ (Ahrens, 2012; Ahrens e Henson, 2019; Iribarne e Cho, 1980).

A expressão definida por Clausius Clapeyron e dada por

$$\ln(e_s/e_{s0}) = (L/R_w)(1/T_0 - 1/T) \quad (3)$$

não descreve exatamente a dependência de pressão parcial de saturação do vapor de água em relação a temperatura, pois o calor de transformação depende da temperatura. Na expressão, e_s representa a pressão parcial de saturação à temperatura T , e_{s0} a pressão de saturação do vapor de água à temperatura T_0 e L o calor de transformação. Na falta de dados, pode-se usar um estado termodinâmico de referência definido por $e_{s0} = 6,106 \text{ hPa}$ para uma temperatura experimental de $T_0 = 273,15 \text{ K}$ (Eskinazi, 1975; Iribarne e Godson, 1981).

A expressão (2) permite determinar a quantidade de água presente em determinado volume de ar húmido. Nestas circunstâncias uma massa de ar pode apresentar um diferente poder secante que depende da diferença entre a temperatura do ar e da temperatura do ponto de orvalho. O ser humano, face a um ambiente térmico com um alto poder secante, sente desidratação e necessita de beber água. Não se pode falar no ar que respiramos ou que nos rodeia de ser ar seco, pois está sempre presente vapor de água.

A humidade relativa do ar, para um local com determinada pressão atmosférica, pode ser assumida como o cociente entre a pressão parcial de saturação do vapor de água à temperatura do ponto de orvalho e a pressão parcial de saturação máxima de vapor de água à temperatura do ar, como se indica

$$U = 100e_s(T_d)/e_s(T) \quad (4)$$

em que U representa a humidade relativa do ar (%), $e_s(T_d)$ pressão parcial de saturação do vapor de água à temperatura do ponto de orvalho T_d e $e_s(T)$ pressão parcial de saturação do vapor de água à temperatura do ar T .

A temperatura mínima do ar é indicada por um instrumento de medida denominado termómetro de temperatura mínima e registada antes do “nascer do Sol”. Se a temperatura mínima do ar for inferior à temperatura do ponto de orvalho do ar húmido ocorre condensação de vapor de água. Esta quantidade de água é tanto maior quanto maior for a diferença entre as duas temperaturas e é, também, condicionada pela diferença entre a temperatura de uma superfície e a temperatura do ponto de orvalho. A quantidade de água é avaliada através de manipulação matemáticas e usando as expressões (1) à (4).

Fatores que potenciam a eclosão de um fogo florestal e a termorregulação do equilíbrio de água

As condições termohigrométricas do ar húmido, a agitação do ar, a humidade do combustível, o relevo, o combustível, o tamanho da carga ou do combustível, a carga térmica existente, a morfologia do terreno, a altitude, o relevo, a exposição, a meteorologia sinóptica, a temperatura, a humidade e o vento (intensidade e direção) são fatores a considerar, dado que podem suscitar o aumento da probabilidade de se desenvolverem fogos descontrolados de grandes proporções - incêndios em mata florestal. A regra dos “três trinta” indicia um ambiente térmico com elevado poder secante e considera o cruzamento de uma temperatura do ar de pelo menos 30°C , uma humidade relativa do ar inferior a 30 %, uma intensidade da velocidade do ar de pelo menos 30 km/h e um período de dias sem precipitação. A capacidade de extinção de incêndio nestas condições é reduzida, embora dependa dos meios operacionais disponíveis, da intensidade e largura da frente de fogo (<http://www.prociv.pt/pt-pt/Paginas/default.aspx>).

Para um incêndio florestal é importante conhecer as características do terreno, a carga térmica, o evoluir das condições meteorológicas, ou seja, é importante avaliar os fatores que condicionam o seu desenvolvimento no terreno.

As coordenadas geográficas de Portugal (aproximadamente uma latitude de 40°N e uma longitude de 8°W) permitem usar um método de diagnóstico para avaliar a intensidade e rumo do vento, designado de vento geostrofico. A partir das cartas meteorológicas à superfície será possível, de uma maneira simples e rápida, conhecer a orientação do vento, a sua origem, o seu sentido e a sua intensidade usando os centros de baixa (ciclones) e de alta pressão (anticiclones), as linhas que indicam uma mesma pressão (linhas isobáricas), a distância entre linhas isobáricas, a massa volúmica do ar, a temperatura do ar e a pressão do local. Nestes termos, para se prever o estado do tempo é fundamental saber como se comporta e circula o ar à escala sinóptica (McIntosh e Thom, 1981; Holton, 2004). Na meteorologia sinóptica, procura-se por um processo de comparação, análise e síntese do resultado

das observações, executadas numa rede de estações meteorológicas, identificar e caracterizar as principais “entidades” meteorológicas e prever a sua evolução. O método sinóptico é “*sui generis*” no domínio das ciências, porque consiste fundamentalmente, na recolha dos resultados das observações executadas nas diferentes estações no mesmo momento (horas sinópticas).

É sabido que a pressão atmosférica diminui com a altitude, mas à superfície também se registam variações de pressão atmosférica em torno de um valor médio de cerca de 1013mbar ou 1013hPa. Estas variações de pressão à superfície ocorrem devido ao aquecimento desigual da superfície terrestre (McIntosh e Thom, 1981; Salby, 1995).

Um anticiclone é um sistema de isóbaras fechadas em que a pressão atmosférica diminui do centro para a periferia, em todas as direções e é representado pela letra A (de alta) ou H (de High). Uma depressão é um sistema de isóbaras fechadas em que a pressão atmosférica aumenta do centro para a periferia, em todas as direções e é representada pela letra B (de baixa) ou L (de Low). A atmosfera tentará repor valores de pressão iguais quando ocorrem diferenças de pressão. Como consequência haverá movimento de ar proveniente de um anticiclone em direção a um ciclone (fig. 1).

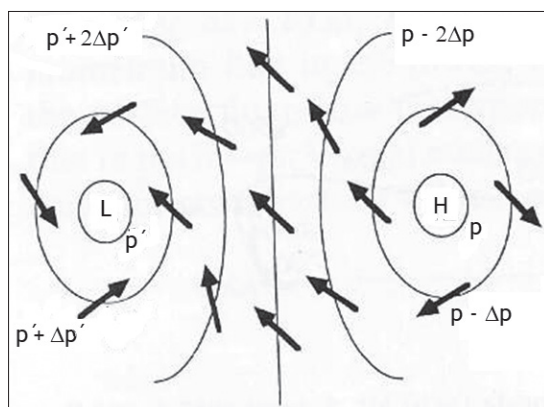


Fig. 1 - Movimento do ar das altas para as baixas pressões (Fonte: adaptado de Holton, 2004).

Fig.1 - Air movement from high to low pressures (Source: adapted from Holton, 2004).

Conforme indica e se mostra na fig. 1 num centro de baixa pressão ocorre convergência no movimento do ar (é o exemplo da queima de amontoados de sobranes florestais, a fonte quente devido ao fogo que se regista à superfície provoca ascensão do ar e conseqüente convergência do ar ao nível da queima, devido ao desigual aquecimento gerar diferenças massas volúmicas para diferentes temperaturas do ar). À medida que o ar aquecido ascende e devido ao seu arrefecimento ocorre divergência para os centros de alta pressão. Consultar

as cartas meteorológicas e prever a intensidade, direção e sentido do vento para o local são importantes para se fazer a prevenção da orientação de lançamento de projéteis incendiários.

Um exemplo real da convergência do ar junto a uma queima e a ascensão devido à diferença de valores do gradiente de pressão gerado e ao gradiente de temperaturas é mostrado na fig. 2. Na figura são indicadas as correntes de ar na convergência.



Fig. 2 - Exemplo de queima descontrolada mostrando correntes convergentes do ar.

Fig. 2 - Example of uncontrolled burning showing converging air currents.

A aproximação geostrófica é válida para escalas sinóptica nas latitudes extratropicais. Dado na expressão (5) da aproximação geostrófica não aparecer a variável tempo, esta não permite prever a evolução do campo da velocidade. Assim, a distribuição do vento geostrófico depende essencialmente da distribuição da pressão ao longo da horizontal (o parâmetro de Coriolis varia com a latitude e a massa volúmica varia muito pouco ao longo da horizontal). O modelo simplificado para a aproximação geostrófica é uma boa aproximação do movimento horizontal real do ar e permite escrever

$$v_g \approx \Delta p / (p f \Delta n) \quad (5)$$

em que v_g representa a intensidade do vento, Δn o afastamento entre duas isobáricas correspondentes à variação Δp da pressão (entre duas isobáricas contíguas), f o parâmetro de Coriolis, que é determinado por $f = 2\Omega \sin(\varphi)$, com Ω a representar a velocidade angular da Terra e φ a latitude do local. O parâmetro de Coriolis é superior a zero (positivo) no Hemisfério Norte e para estudar a intensidade ou módulo do vento geostrófico pode admitir-se, com boa aproximação, que localmente a massa volúmica e o parâmetro de Coriolis pouco variam (Holton, 2004).

Podem ser retiradas algumas conclusões que estão em concordância com as regras enunciadas pela lei de Buys

Ballot: o vento geostrófico é inversamente proporcional ao afastamento das isóbaras; para a mesma razão ($\Delta p / \Delta n$) o vento geostrófico é mais forte nas latitudes baixas do que nas latitudes altas; para a mesma latitude e com o mesmo valor de $\Delta p / \Delta n$, o vento geostrófico será inversamente proporcional à massa volúmica do ar, ou seja, diretamente proporcional à temperatura.

O vento real pode estar exatamente em movimento geostrófico, somente se os contornos de altura forem paralelos aos círculos de latitude. O vento geostrófico é, geralmente, uma boa aproximação do vento real nos distúrbios extratropicais de escala sinóptica. No entanto, é ressaltar que em cada caso de estudo deve-se avaliar esta afirmação.

O rumo do vento pode ser facilmente identificado e a fig.3 sugere a direção e sentido para o exemplo considerado.

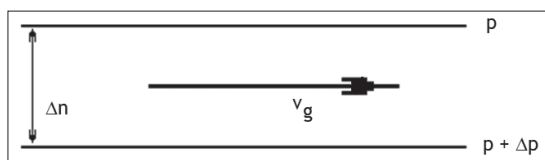


Fig. 3 - Vento geostrófico: entre duas isobáricas contíguas numa carta meteorológica.

Fig. 3 - Geostrophic wind: between two contiguous isobars on a weather chart.

A fig. 3 mostra que o rumo do vento acompanha a linha de maior pressão. No entanto, salienta-se que, devido à presença indubitável da força de atrito e da força de Coriolis, a direção e sentido do vetor rodam ligeiramente para a linha isobárica de menor pressão, como mostra a fig. 1.

Um operacional no combate a incêndio, usando meios sapadores (é o exemplo típico na queima de sobranes florestais e agrícolas), deve dar atenção à propagação da frente das chamas tendo por alicerce a direção e o sentido do vento (Talaia, 2018). É a diferente potência calorimétrica da vegetação e a sua densidade na cobertura do solo que originam os centros de baixa pressão originando fortes correntes de ar imprevistas, cuja intensidade depende do gradiente de temperaturas gerado no cenário do incêndio (Holton, 2004).

Quando a temperatura do meio circundante ao ser humano regista um valor superior à temperatura da pele, o corpo humano ganha energia sob a forma de calor, sendo o processo de evaporação o único meio de diminuir a temperatura corporal, através da termorregulação através da sudação (Vogelaere e Pereira, 2005). Esta problemática é importante conhecer de modo que o corpo humano tenha termorregulação na taxa de sudação preventiva face a água ingerida.

O corpo humano absorve parte da energia que é intersetada pela sua superfície exposta que é condicionada pelo albedo (fração de energia refletida pela superfície intersetada). A energia que é absorvida pela superfície externa corporal provoca um aumento da temperatura interna do corpo, por aplicação direta da lei de Stefan-Boltzmann (McIntosh e Thom, 1981; Salby, 1995; IQBal, 1983). O corpo humano é maioritariamente constituído por água e a água funciona como um reservatório de calor, pois demora muito tempo a aumentar a temperatura, mas também demora muito tempo a arrefecer.

Se for assumido que a percentagem de água é de 70 % para um ser humano com 75 kg de massa, facilmente se prevê que a capacidade térmica mássica ponderada do corpo humano é de $1400 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ (Talaia e Ventura, 2010). Assim, a quantidade de energia sob a forma de calor é avaliada através da expressão

$$Q/\Delta T = \sum m_i c_i \quad Q/\Delta T = m_{\text{H}_2\text{O}} c_{\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{tecidos}} c_{\text{tecidos}} \quad (6)$$

em que Q representa o calor envolvido (J), ΔT a diferença de temperaturas envolvidas ($^\circ\text{C}$), m_i a massa do elemento i (kg) e c_i a capacidade térmica do elemento i ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$).

Nas condições indicadas, o valor para $Q/\Delta T$ é de cerca de $251 \text{ kJ} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$. Para uma pessoa adulta que tenha problemas de transpiração, o significado físico deste valor, é de que um aumento da temperatura interna do corpo humano de 1°C gera 251 kJ de energia que deve ser dissipada [pode-se considerar golpe de calor, se houver uma diferença de temperatura significativa como mostraram Talaia e Ferreira (2010)]. Estes autores mostraram, ainda, que é possível concluir que num intervalo de tempo de cerca de 42s é registado um aumento da temperatura interior do corpo humano de cerca de 1°C .

As roupas devem ser confeccionadas com alguma “folga” de modo a permitirem a formação de correntes de convecção e estas serem capazes de acelerar a taxa de evaporação (devida à transpiração) e o consequente arrefecimento (Eskinazi, 1975; Moran *et al.*, 2020).

A necessidade de água presente no organismo do ser humano para compensar a taxa de evaporação pode ser avaliada através de dois fatores: devido à frente de fogo que afeta o metabolismo e devido às características do meio envolvente que definem a potência envolvida de energia. Talaia e Ferreira (2010) mostraram que é possível determinar a necessidade de água por hora para a termorregulação de equilíbrio do ser humano face a condições de stress térmico quente, a partir da expressão:

$$V/\Delta t = P/(pL) \quad (7)$$

resultando numa necessidade de 0,96L de água por hora para equilibrar a perda de água.

Quer para uma queima de amontoados de sobranes florestais quer para incêndio florestal é determinante

avaliar a quantidade de água necessária para o operacional, adotar estratégias de combate e defesa para o corpo físico evitando riscos imprevisíveis de insolação e de desidratação.

Metodologia

Foram realizados questionários através de entrevista a uma amostra de residentes em aldeia e que têm vivenciado não só experiências de queima de amontoados de sobrantes florestais e agrícola e de incêndios florestais. Neste estudo procede-se à extração de uma amostra da população da aldeia, ou seja, um conjunto de unidades, numa porção do total, que represente a conduta da população no seu conjunto (Pardal e Lopes, 2011). Assim, a população é o conjunto de todos os indivíduos que tem uma ou mais características comuns, e que se encontram num espaço ou território conhecido.

A amostra é, considerada, não-probabilística, uma vez que, e segundo Carmo e Ferreira (1988) e Huot (2002), nas amostras não-probabilísticas os vários elementos da população não possuem a mesma probabilidade de fazer parte da amostra e, por isso, o investigador não tem uma ideia do erro que pode estar a introduzir nas suas apreciações. É um método de carácter pragmático ou intuitivo e largamente utilizado, pois possibilita um estudo mais rápido e menos dispendioso. Um claro inconveniente deste método é o facto da inclusão de um elemento da população na amostra ser determinada por um critério subjetivo, normalmente uma opinião pessoal. Um outro inconveniente é que existem elementos da população que não têm possibilidade de ser escolhido.

A entrevista, do ponto de vista do método, é uma forma específica de interação que tem como objetivo recolher dados para uma investigação. A vantagem essencial da entrevista reside no facto de serem os próprios atores quem proporcionam os dados relativos às suas condutas, opiniões, desejos, atitudes e expectativas. Por existir total liberdade para formular as perguntas, está-se perante uma entrevista não estruturada ou não formalizada, ou seja não se orientam, por nenhum questionário ou guião, apenas se discutem os assuntos com um certo grau de espontaneidade (Carmo e Ferreira, 1988; Cohen *et al.*, 2010). Pelo contrário, as entrevistas estruturadas desenrolam-se com base numa lista fixa de perguntas, cuja ordem e redação permanece orientada. A sua maior desvantagem é limitar a entrada de dados que podiam surgir da lista de perguntas. As entrevistas semiestruturadas têm uma grande vantagem, pois reúnem características dos dois tipos de entrevistas anteriores. São orientadas por uma lista de perguntas ou itens a abordar na entrevista, mas que deixa abertura para outras perguntas que se considerem pertinentes consoante o desenrolar da entrevista. Tendo por base o que se acaba de relatar optou-se, neste estudo por escolher a entrevistas semiestruturada.

A partir de um exemplo de queima de amontoados de sobrantes florestais, de parâmetros meteorológicos, de cartas meteorológicas, de informação de risco de incêndio pelo IPMA-Instituto Português do Mar e da Atmosfera (<https://www.ipma.pt/pt/index.html>), foi construído um algoritmo para prever, no início do “nascido do Sol”, a existência de vapor de água condensado nas superfícies (ramos, folhas e ervas). É também apresentada uma necessidade de água a ingerir pelos operacionais da queima, e é apresentada uma proposta de melhoria a ser sugerida para a formação de cidadania e para a educação escolar, na área da formação no que respeita aos itens que condicionam a preparação e a prevenção para a queima de amontoados.

Resultados obtidos e sua discussão

Análise quantitativa e qualitativa do resultado dos questionários e entrevistas

O questionário / entrevista incluía algumas questões para avaliar que estratégias eram usadas, por um público residente em aldeia, para a queima de amontoados de sobrantes florestais, em quintais e zona florestal. Algumas questões colocadas são enumeradas: (A) Sabe o que é a queima de amontoados de sobrantes florestais; (B) Já realizou alguma queima; (C) Que cuidados tem adotado; (D) Tem conhecimento que há um enquadramento legal; (E) Tendo por base a aldeia ser rodeada por eucaliptos o que aconselha como estratégia de proteção.

No geral, os 15 entrevistados, 53,3 % do género feminino, com uma média de idades de 63,4±13,1 anos têm algum conhecimento acerca da queima e cuidados a ter, a título pessoal, pois possuem quintais ou terras com floresta de eucaliptos.

Mostram-se as respostas, em percentagem, às questões fechadas (A), (B) e (D). As colunas a cor verde significam o conhecimento dos entrevistados face à questão colocada. No geral pode-se afirmar que mais de 50 % dos entrevistados tem conhecimentos na queima de amontoados (fig. 4).

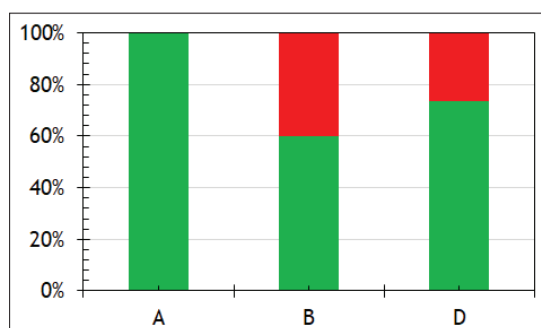


Fig. 4 - Questões (A), (B) e (D) do questionário/entrevistas.

Fig. 4 - Questions (A), (B) and (D) from the questionnaire/interviews.

Mostram-se também as respostas, em percentagem, à questão aberta (C). As colunas a cor amarela significam a informação dada pelos entrevistados (fig. 5).

No geral, pode-se afirmar, sem generalizar, que apenas houve registos superiores a 50 % em 5 itens, o que sugere uma falta de conhecimentos para uma queima de amontoados sem riscos.

Indicamos os registos, coluna de cor verde, para a questão (E), em que os entrevistados mostram preocupações para uma segurança preventiva, sugerem soluções e, inequivocamente, consideram que devia ser importante, a cada ano, assistirem à uma formação, de como fazer uma queimada, pela proteção civil na e para a aldeia (fig. 6).

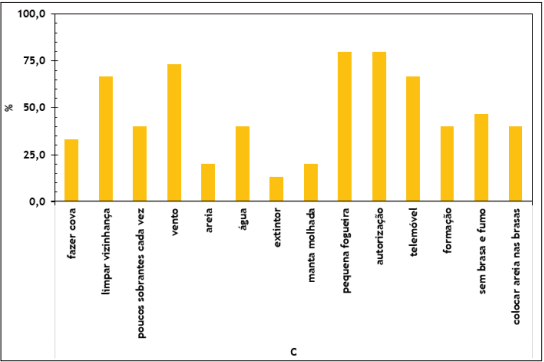


Fig. 5 - Questão (C) do questionário/entrevistas.

Fig. 5 - Question (C) from the questionnaire/interviews.

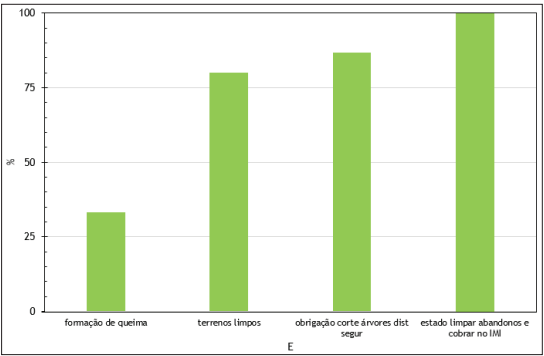


Fig. 6 - Questão (E) do questionário/entrevistas.

Fig. 6 - Question (E) from the questionnaire/interviews.

Resumindo, no geral, são indicadas as seguintes recomendações: importante fazer uma cova ou desnível na terra e proteger com uma zona limpa de vegetação à volta de cerca de 2m de segurança; ter em atenção que devem ser usados poucos sobranes de cada vez de modo a evitar lançamento de projeteis incendiados; dar atenção à intensidade do vento; ter um balde de areia e de água; ter um extintor; usando extintor ter em atenção que gera corrente de ar capaz de ativar

mais o fogo por gerar corrente do ar; ter uma manta de pano molhada para abafamento; fazer sempre pequenas fogueiras; dar atenção as condições atmosféricas; fazer limpeza duas vezes ao ano; acautelar eventuais riscos pois não é suficiente ter autorização via documento; ter telemóvel com todos os contactos de emergência; seria oportuno haver demonstração real, como formação, da metodologia para a queima em segurança de amontoados pela proteção civil e na aldeia, uma vez por ano; dar atenção que o local deve ser abandonado sem brasas e fumo, colocando a areia sobre a cama da queima.

As sugestões dos entrevistados permitiram complementar e dar alicerce mais cuidado à informação da queima de amontoados de sobranes florestais (<https://fogos.icnf.pt/queimasqueimadas/>).

Condições atmosféricas para um dia de queima de amontoados de sobranes florestais - exemplo:

Decidido o dia para a queima de amontoados de sobranes florestais, deve haver cuidado de consultar sítios que indicam a previsão do estado do tempo atmosférico para o local da queimada (<https://www.ipma.pt/pt/index.html>) na pasta do tempo e na pasta fogos rurais e <https://www.tempo.pt/>). A hora do “nascer do Sol” é importante para conhecer a temperatura mínima do dia assim como conhecer a hora da primeira luz. Nestes sítios da internet podem ser descarregadas figuras informativas das condições atmosféricas para análise e conhecimento do estado do tempo previsto.

Registou-se para o dia escolhido para a tarefa da queima de amontoados de sobranes florestais a hora do “nascer do Sol” de 6h27 e a temperatura do ar nas primeiras horas prevista, ou seja, 14 °C às 7h00, 15 °C às 8h00 e 18 °C às 9h00 (fig. 7).



Fig. 7 - Previsão temperaturas do ar para o local (Fonte: adaptado de <https://www.accuweather.com/>).

Fig. 7 - Air temperatures forecast for the locality (Source: adapted from <https://www.accuweather.com/>).

No local, com coordenadas geográficas aproximadas de latitude 40° 40' 26" N e de longitude 8° 27' 11" W, para a queima já estavam preparados os amontoados

para um fogo controlado (de pequena dimensão). As informações do IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera) e do sítio <https://www.tempo.pt/> permitem registar informação importante para tomada de decisão e melhorar estratégia para uma queima em segurança.

Mostramos as classes de risco de incêndio florestal para a queima de amontoados para o dia escolhido (fig. 8).



Fig. 8 - Classes de risco de incêndio para a queima de amontoados (Fonte: <https://www.ipma.pt/pt/>).

Fig. 8 - Fire risk classes for burning forest litter (Source: <https://www.ipma.pt/pt/>).

A complementar a informação para as condições meteorológicas retirou-se outra imagem onde se mostra a previsão para o local do risco de incêndio florestal, como reduzido (fig. 9).

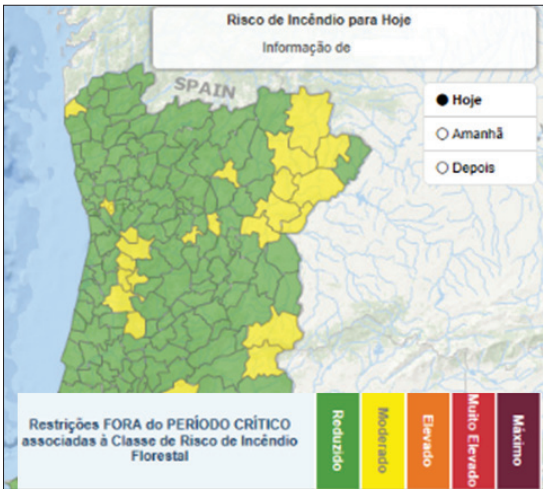


Fig. 9 - Previsão para o local do risco de incêndio florestal (Fonte: adaptado de <https://www.ipma.pt/pt/otempo/>).

Fig. 9 - Forecast for localities at risk of forest fires (Source: adapted from <https://www.ipma.pt/pt/otempo/>).

A informação do IPMA para o dia da queima indicava que era permitido fazer queima de amontoados (no que concerne ao risco reduzido, moderado e elevado). A carta meteorológica do IPMA para o dia da tarefa e para as 12h00 indicava que não se esperava registo de vento intenso dada a zona estar sob a influência do Anticiclone dos Açores (fig. 10).

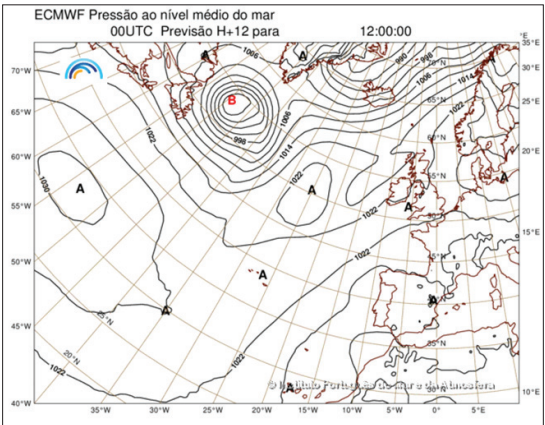


Fig. 10 - Carta meteorológica

(Fonte: <https://www.ipma.pt/pt/otempo/prev.numerica/>).

Fig. 10 - Weather chart

(Source: <https://www.ipma.pt/pt/otempo/prev.numerica/>).

A partir das expressões de (1) à (4) e através de manipulações matemáticas que dependem dos parâmetros meteorológicos registados, foi desenvolvido um algoritmo para prever se há presença nas superfícies de vapor de água condensado. A fig. 11 mostra, nas condições atmosféricas para cerca das 7h00, os valores previstos para o local.

Ta	U		Tmin
14,5	75,0		7,9
°C	%		°C
Vapor de água condensado			
	1,30	g/m3	

Fig. 11 - Algoritmo para cálculo da massa de água se houver condições atmosféricas.

Fig. 11 - Algorithm for calculating the mass of water if there are appropriate atmospheric conditions.

Dado o valor determinado e previsto ser positivo, sugere a formação de orvalho nas superfícies, com 1,30g/m³ de vapor de água condensado por cada m³ de ar húmido o que torna a vegetação húmida. A observação no local mostrou essa situação do combustível estar húmido e reconheceu-se estarem criadas as condições para fazer a queima de amontoados de sobantes florestais a partir das 6h30.

Neste trabalho a queima foi alimentada durante cerca de uma hora e fez-se, a seguir, o controlo da queima até ficar sem chama, sem fumo e em cinza. A intensidade do vento era cerca de 5 km/h [valor avaliado a partir das linhas isobáricas indicadas na fig. 10 e da aplicação da expressão (5)]. As brasas existentes foram controladas e colocadas na zona central da fogueira resguardando um perímetro de segurança da zona com cinzas numa faixa mínima de 3m em toda volta da zona de queima.

A necessidade de água para hidratar cada operacional foi baseada no valor determinado pela aplicação da expressão (7).

Proposta de formação na educação escolar para a queima de amontoados de sobranes florestais:

Face a algumas notícias que são comunicadas pelos meios de comunicação (imprensa, TV e rádio) acerca de riscos e consequências dramáticas que se originam na queima de amontoados, considerou-se importante descrever como preparar um local, decidir o dia e a hora (sempre muito próxima do “nascer do sol”) para a queima de amontoados de sobranes florestais ou agrícolas.

As entrevistas realizadas mostraram a importância de haver uma clarificação mais detalhada de como fazer uma queima com mais segurança para evitar riscos imprevistos. Ter uma estratégia adequada e defensiva é um alicerce para evitar riscos imprevistos.

Nestas circunstâncias apresenta-se uma proposta que pode ser implementada uma vez por ano civil, por exemplo pela proteção civil, como formação de pessoas, em aldeia, que possuem terrenos florestais ou agrícolas e como formação da cidadania através de uma educação escolar, em que alunos de escola podiam assistir como formação escolar e familiar pois, no geral, a maioria dos jovens têm contacto com as zonas rurais.

Os itens a ter em consideração para uma queima com segurança e defensiva são a seguir propostos e mencionados:

- Fazer a queima de amontoados de sobranes de sobranes florestais no “nascer do sol” de modo a ser realizada próxima ao registo da temperatura mínima do ar e as condições atmosféricas de uma massa de ar mais fresca;
- Estudar as condições termohigrométricas e existência de vento para o local da queima (um algoritmo desenvolvido permite conhecer a quantidade de vapor de água condensado, em grama de vapor de água condensado por cada m³ de ar, a partir da introdução na folha de cálculo dos valores previstos para a temperatura do ar, a humidade relativa do ar e a temperatura mínima do ar. Valor positivo para a densidade absoluta indicado, na folha de cálculo, sugere a formação de orvalho nas superfícies.

- Verificar os Riscos de Incêndio na página de internet do ICNF, do IPMA (<http://www2.icnf.pt/portal/florestas/dfci/risco-temporal-de-incendio>) se há previsão de autorização;
- Marcar presencialmente ou via internet nas entidades oficiais, o local, dia e horas para a o uso de fogo para eliminação de sobranes florestais ou agrícola como podas de vinhas, de oliveiras, entre outros, cortados e amontoados de sobranes florestais;
- Verificar no dia marcado se o nível de risco se mantém através da Internet (<http://www2.icnf.pt/portal/florestas/dfci/risco-temporal-de-incendio>);
- Assumir a hora do “nascer do Sol” para o início para a queima devido ao menor o risco de incêndio;
- Verificar se a previsão que considerou mostra a zona envolvente húmida (do local) devido à condensação do vapor de água (determinado pela diferença da temperatura mínima e da temperatura do ponto de orvalho). Esta situação impede que haja ignições com risco de incêndio;
- Criar as condições necessárias no local para a realização da queima, ou seja, materiais devidamente posicionados;
- Preparar, se possível, a zona da queima com desnível de cerca de 10 cm de profundidade, e colocar a terra retirada resguardada para possível utilização de emergência;
- Com motoroçadora ou enxada fazer um corte de vegetação à volta do recinto para a queima (tipicamente será um retângulo de acordo com o tamanho dos sobranes) com faixa de pelo menos 10m de limpeza à toda a volta;
- Preparar os sobranes de modo a ser levados facilmente para a zona de fogo, em pequenas cargas;
- Manter atenção de não colocar mais sobranes do que a destreza motora da pessoa que vai alimentar a queima pois pode elevar a altura da chama do fogo com a possibilidade de gerar intensas correntes de ar que podem começar a lançar projeteis incandescentes e incendiados;
- Considerar não ultrapassar uma altura na queima de amontoados superior ao nível da cintura da pessoa que vai alimentar a queima;
- Dispor de extintor e baldes com água para controlar qualquer imprevisto;
- Levar meios sapadores como por exemplo enxadas, encinhos, machados e outros;
- Levar por cada interveniente pelo menos 1,5L de água potável, para cada uma queima de aproximadamente uma hora;
- Gravar no telemóvel os contactos de urgência e verificar antes da queima se há rede de comunicações no local;

- Ter no local um mínimo de três pessoas, contando com o requerente;
- Levar luvas apropriadas e três toalhas molhadas;
- Levar duas mantas molhadas para serem usadas em caso imprevisto para abafamento;
- Ter atenção que a queima deve ser controlada por uma pessoa e as outras duas dispostas no terreno a alguma distância para fazerem abafamento imediato de qualquer projétil incendiado que possa facilitar novas ignições;
- Comunicar aos bombeiros que vai realizar a queima de amontoados e informar do pedido e do local;
- Ter no local o documento de autorização legal;
- Realizar a queima de amontoados durante apenas uma hora usando as duas próximas horas para assegurar que o local fica sem perigo de reacendimento, numa extensão à volta da zona de queima, de 3 m;
- Deixar o local apenas quando não houver fumo ou chama, reorganizando algumas brasas para o centro do recinto de queima;
- Lançar no final da tarefa a água e a terra sobre o local da queima para assegurar que não surgirá reacendimento;
- Deixar o local sem fumo, sem nada a arder, com cinzas e um perímetro de segurança;

Esta realização deverá ser demonstrada para uma melhor aprendizagem e para uma cidadania para evitar risco imprevisto de incêndio. Se eventualmente e posteriormente, na zona da queima, ocorrer um incêndio pode indiciar que poderá ter sido fogo posto.

Considerações finais

Este trabalho mostra que a queima de amontoados de sobranter florestais é uma tarefa de grande responsabilidade que requer conhecimentos de meteorologia e que condicione estratégia de segurança.

Foram apresentados vetores para o risco de fogo em amontoados de sobranter florestais e um algoritmo foi desenvolvido para prever a formação de orvalho a partir dos dados disponíveis na Internet do IPMA. O estudo mostra diferentes imagens capazes de complementar a ajuda para minimizar riscos imprevistos, como por exemplo previsão da temperatura do ar para o local da queima; classes de risco de incêndio para a queima de amontoados; previsão para o local do risco de incêndio florestal; carta meteorológica para avaliar a intensidade do vento e seu rumo.

Entrevistas realizadas a uma pequena amostra de residentes de aldeia mostrou que a adoção da metodologia apresentada, neste estudo, é relevante para a formação de fazer queima de amontoados de sobranter florestais.

Uma proposta é apresentada como estratégia para a preparação do local para a queima de amontoados de sobranter florestais, com segurança, evitando o risco de incêndio, quer para residentes de aldeia que mostrem ter esta necessidade em terrenos urbanos, quer para a formação de cidadãos em contexto escolar e na área da cidadania na educação escolar.

Agradecimentos

O autor agradece as sugestões dos revisores na melhoria do artigo científico e por ser trabalho financiado por Fundos Nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto UIDB/00194/2020 (CIDTFF).

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.
- Cohen, L., Manion, L. e Morrison, K. (2010). *Research Methods in Education* (6a edição). New York: Routledge.
- Carmo, H. e Ferreira, M. M. (1988). *Metodologias de investigação*. Lisboa: Universidade Aberta.
- Eskinazi, S. (1975). *Fluid Mechanics and Thermodynamics of our environment*. Academic Press Inc, New York.
- Guerra, A. M., Coelho, J. A. 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.
- Huot, R. (2002). *Métodos Quantitativos para Ciências Humanas*. Lisboa: Instituto Piaget, Col. Epistemologia e Sociedade.
- Iribarne, J. V. e Cho, H. R. (1980). *Atmospheric physics*. R. Reidel Publishing Company, Dordrecht.
- Iribarne, J. V. e Godson, W. L. (1981). *Atmospheric thermodynamics, Geophysics and Astrophysics Monographs*, vol 6, R. Reidel Publishing Company, London.
- IQBal, M. (1983). *An introduction to solar radiation*, Academic Press, Ontario.

McIntosh, D. H. e Thom, A. S. (1981). *Essentials of meteorology*, the Wykeham Sciences Series, Taylor and Francis, Ltd, London.

Moran, M. J., Shapiro, H. N., Boettner, D. D. e Bailey, M. B. (2020). *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*. Editor John Wiley & Sons, Inc.

Pardal, L., e Lopes, E. S. (2011). *Métodos e Técnicas de Investigação Social*. Porto: Areal Editores.

Salby, M. L. (1995). *Fundamentals of atmospheric physics*, vol 61 in the International Geophysics Series, Edited by Renata Dmowska and James R. Holton, Academic Press, Inc., London.

Talaia, M. e Ferreira, V. (2010). Stress Térmico na Frente de Fogo no Combate a Incêndio Florestal: Avaliação de Risco. *Territorium - Revista da Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança*, n.º 17

"Riscos, Sociedade(s) e Segurança" ISSN: 0872-8941, Coimbra, 85-93.

DOI: https://doi.org/10.14195/1647-7723_17_8

Talaia, M. (2018). *Metabolismo e consumo de oxigénio numa perspetiva da educação para o risco. Educação para a Redução dos Riscos*. Estudos Cindinicos. Editor: RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança, Coords. Luciano Lourenço e Fátima Castro, ISBN 978-989-54295-0-9 e ISBN Digital 978-989-54295-1-6, 177-193.

DOI: https://doi.org/10.34037/978-989-54295-1-6_2_9

Vilelas, J. (2009). *Investigação: O processo de construção do conhecimento*. Lisboa: Edições Sílabo.

Vogelaere, P. e Pereira, C. (2005). Termorregulação e Envelhecimento. *Revista Portuguesa Cardiologia*, 24 (5):747-761.