

Avaliação do Risco de Incêndio Florestal no Concelho de Arganil

Catarina Carvalho Antunes*, Domingos Xavier Viegas e José Manuel Mendes*****

*Mestre em Dinâmicas Sociais e Riscos Naturais

**Professor Catedrático

Universidade de Coimbra. Departamento de Eng.^a Mecânica, Pólo II,
3030-788 COIMBRA

***Professor Auxiliar

Universidade de Coimbra. Faculdade de Economia, Av. Dias da Silva, 165
3004-512 COIMBRA

Sumário O presente trabalho descreve o risco de incêndio florestal como um risco natural, e tem como objectivo fazer a sua avaliação de acordo com o modelo conceptual de risco internacionalmente aceite. Para área de estudo, foi seleccionado o concelho de Arganil devido à sua extensa área florestal, à sua apreciada paisagem natural, ao património histórico-cultural e aos espaços de recreio, a fim de se aplicar uma metodologia original de integração das variáveis físicas e sociais, com impacte no risco de incêndio, através de um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Além disso, identificaram-se os elementos em risco e efectuou-se o cálculo do seu dano potencial. Como resultado desta análise obtiveram-se dois mapas de risco: um respeitante às perdas económicas e outro às perdas ambientais. A metodologia seguida permitiu avaliar, por um lado, onde é mais provável que um incêndio florestal ocorra e, por outro, onde existe maior potencial de perda. Os resultados obtidos neste estudo mostram que, no concelho de Arganil, o índice de perigosidade é elevado embora o índice de risco de incêndio florestal seja reduzido. Fica também demonstrado que o cálculo do índice de risco de incêndio florestal baseado no valor paisagístico revela que áreas como a Mata da Margaraça, a Aldeia Histórica do Piódão e outros elementos de recreio florestal, são os que podem sofrer as maiores perdas relativas com os incêndios florestais, o que teria graves consequências no turismo e na economia da região.

Palavras-chave: Incêndio florestal; perigosidade; risco; dano potencial

Wildland Fire Risk in the Municipality of Arganil

Abstract. This paper describes forest fire risk as a natural risk and aims to make its assessment in accordance with the conceptual model of risk internationally accepted. For this purpose, the municipality of Arganil was chosen as a study area due to its extensive forest area, its appreciated natural scenery, its historical and cultural heritage and its recreational sites. Thus, a methodology was developed for integration of physical and social variables through a Geographic Information System (GIS). Moreover, components at risk were identified and the

potential damage estimated. As a final result two maps of risk were obtained: one map economic on losses and other on losses to the environment. The methodology used allowed to evaluate where is more likely that a fire occurs and the greatest potential for loss. The results obtained from this study showed that in the municipality of Arganil the wildland fire danger index is high and the wildland fire risk index is low. It is also shown that the wildland fire risk assessment based on the landscape value reveals that natural reserve of Margaraça, the Historical Village of Piódão and other recreational elements are those that may suffer the greatest losses with forest fires, which would have serious consequences for the tourism and economy of the region.

Key words: Wildland fire; hazard; risk; potential damage

Risque d'Incendie de Forêt dans la Municipalité d'Arganil

Résumé. Ce document décrit le risque d'incendie de forêt comme un risque naturel, et vise à faire son évaluation, conformément aux modèles conceptuels du risque internationalement acceptés. Dans ce travail, la municipalité de Arganil a été choisie comme zone d'étude en raison de sa vaste zone forestière, de son paysage naturel, de l'intérêt historique et culturel et de ses espaces de récréation, afin d'appliquer une méthodologie, basée sur un système d'information géographique (SIG), d'intégration des variables physiques et sociales pouvant affecter le risque d'incendie. En outre, les éléments à risque ont été identifiés et leur potentiel de dommage a été estimé. À la suite de cette analyse ont été obtenues deux cartes de risque: l'une concernant les pertes économiques et l'autre concernant les pertes environnementales. La méthodologie a permis d'évaluer, d'une part, où sera plus probable qu'un incendie de forêt survienne, et où il y aura un plus grand potentiel de perte. Les résultats de cette étude montrent que, dans la municipalité d'Arganil, l'indice de danger est élevé, bien que le taux de risque d'incendie de forêt soit réduit. Il a été également montré que le calcul de l'indice de risque d'incendie de forêt, basé sur la valeur du paysage, indique que la réserve forestière de Margaraça, le village historique de Piódão et d'autres éléments forestiers de loisir, seront ceux qui souffriront le plus de pertes liées aux incendies de forêt, ce qui peut avoir de graves conséquences pour le tourisme et l'économie de cette région.

Mots clés: Feu de forêt; danger; risque; dommage potentiel

Introdução

Nos países mediterrânicos, e particularmente em Portugal, centenas de incêndios atingem, todos os anos, extensas áreas florestais causando avultadas perdas ambientais, económicas e sociais. Este fenómeno é considerado como um risco natural, não tanto por se desenvolver espontaneamente, mas por se processar na Natureza e a sua propagação depender fortemente de factores naturais (MILLINGTON, sd). Em sentido lato, entende-se como risco de incêndio florestal a possibilidade de ignição do fogo através de causas

humanas (acidentais ou voluntárias) ou naturais (raios) (MACEDO e SARDINHA, 1987). No entanto, esta noção é insuficiente na medida em que não integra as diferentes variáveis de risco, nem contabiliza os danos causados pelos incêndios. Deste modo, BACHMANN e ALLGÖWER (1999) colmatam estas lacunas ao definirem risco de incêndio florestal como a probabilidade de um incêndio ocorrer num local específico, sob determinadas circunstâncias, e das suas consequências esperadas se manifestarem pelos impactes nos objectos afectados. Neste sentido, o risco expressa o potencial de perda dos

elementos, em função da perigosidade de um incêndio florestal.

A avaliação do risco de incêndio florestal é um processo muito dificultado pelo facto de os incêndios serem um fenómeno complexo e por serem provocados, na sua quase totalidade, pela acção humana. A avaliação do risco baseia-se, em geral, num modelo de integração dos factores que contribuem para o risco de incêndio florestal: coberto vegetal, topografia e meteorologia, acrescido dos factores ou variáveis sociais. Este método de avaliação do risco traduz-se, geralmente, em índices que podem ser materializados em mapas nos quais estão expressas zonas ou níveis de risco. Segundo OLIVEIRA (2002), estes mapas de risco proporcionam uma visualização da distribuição espacial do risco através de áreas delimitadas, em função do potencial de ocorrência e propagação do fogo e identificadas pelas características ambientais comuns, que se traduzem num mesmo potencial de perigo.

A avaliação do índice de risco de incêndio florestal traduz-se, pois, numa ferramenta de apoio ao planeamento, ao permitir a identificação das zonas mais susceptíveis e, portanto, com um perigo de incêndio mais elevado. Porém, a identificação de zonas com perigo de incêndio mais elevado não significa que se um incêndio ocorrer, se desenvolva unicamente nessas zonas já que o comportamento do fogo é muito variável (CHUVIECO e CONGALTON, 1989). Contudo, esta avaliação do índice de risco revela-se de grande utilidade na definição de acções de planeamento e ordenamento florestal com vista à distribuição dos recursos e equipamentos destinados à prevenção ou, ainda, na hierarquização de prioridades relaciona-

das com a supressão do fogo, de acordo com o nível de perigo determinado.

De acordo com a sua escala temporal, os índices de risco de incêndio podem ser classificados em três classes: dinâmicos ou de curto prazo, estruturais ou de longo prazo e integrados ou avançados (VORISSIS, 1999).

Os índices de risco dinâmico ou de curto prazo baseiam-se em parâmetros que variam de forma quase contínua, como as condições meteorológicas e o estado da vegetação. De entre a variedade de índices de curto prazo existentes destaca-se o índice Canadano para Indexação do Perigo de Incêndio (*Canadian Fire Weather Index - FWI*), adaptado para Portugal e utilizado pelo Instituto de Meteorologia desde 1998. Segundo VIEGAS *et al.* (1999) este é o método de cálculo cujo desempenho é melhor e que possui maior capacidade preditiva do perigo para fogos de Verão.

Os índices de longo prazo ou estruturais assentam em variáveis estáticas ou que não variam rapidamente ao longo do tempo. Deste modo, estes índices permitem explicar, em igualdade de circunstâncias meteorológicas, a variabilidade espacial decorrente dos diversos factores de risco, identificando regiões onde a probabilidade de incêndio é mais elevada. Esta abordagem é muito útil na percepção dos padrões de risco de incêndio (CHUVIECO *et al.*, 1997) e é válida durante um período de tempo alargado. Contudo, está confinada a uma aplicação regional (FREIRE *et al.*, 2002).

Os índices de risco integrados ou avançados incluem, simultaneamente, variáveis estáticas e dinâmicas, devidamente ponderadas, e assentam no princípio de que a ocorrência e propagação de um incêndio florestal são condicionadas por factores de natureza e

variação temporal distintas exigindo, deste modo, uma análise integrada desses parâmetros (CARVALHO, 2005).

A impossibilidade de utilização dos parâmetros dinâmicos neste trabalho impediu a modelação de um índice integrado de risco de incêndio florestal. Deste modo, o presente estudo tem como objectivo determinar um índice de risco de incêndio florestal de longo prazo, baseado na modelação da perigosidade, de acordo com a integração de variáveis físicas e sociais e na quantificação do dano potencial dos elementos que se encontram sujeitos ao risco. Os mapas obtidos poderão constituir um contributo inovador para a avaliação do risco de incêndio florestal generalizável a outras regiões.

Área de estudo

Este trabalho tem como área de estudo o concelho de Arganil, o qual se localiza na Região Centro de Portugal (Figura 1). A sua sede concelhia situa-se à latitude 40°13'N e longitude 08°03'W e, em termos administrativos, engloba dezoito freguesias, abrangendo uma

superfície total de 332,8 Km² (INE, 2002). O relevo deste território é fortemente determinado pela variedade geomorfológica, oscilando a altimetria entre os 70 metros no vale do rio Alva e os 1342 metros no cume da Serra do Açor. De um modo geral, o clima caracteriza-se por uma influência marcadamente mediterrânea, embora atenuado pela interferência oceânica, assim como pela altitude.

Relativamente à cobertura vegetal, os matos são a classe mais abundante no território, seguindo-se os povoamentos florestais de eucaliptais e pinhais. Em termos paisagísticos, os elementos naturais ocupam um lugar de destaque, com extensas áreas territoriais enquadradas em regimes especiais de protecção, como é o caso da Área de Paisagem Protegida da Serra do Açor (APPSA), onde está incluída a Mata da Margarça, que constitui uma Reserva Integral. A par das áreas protegidas, as aldeias de xisto, como a Aldeia Histórica do Piódão, desempenham um forte atractivo em termos de turismo rural, com impacte a nível nacional e internacional.



Figura 1 – Enquadramento geográfico do concelho de Arganil. Fonte: IGP

Materiais e método

Os riscos naturais são acontecimentos incontroláveis e inesperados de invulgar magnitude que ameaçam pessoas, actividades e infraestruturas (NHERC, 2008). Neste sentido, o risco pressupõe valor e expressa o potencial de perda de elementos, em função da perigosidade de um determinado fenómeno e da vulnerabilidade desses mesmos elementos em risco. A perigosidade equivale ao que na literatura anglo-saxónica se designa por *hazard*. Segundo a definição de VARNES (1984), a perigosidade é a probabilidade de ocorrência de fenómenos potencialmente destruidores, com um nível de intensidade ou gravidade determinado, num intervalo de tempo e num local específicos. Esta noção de perigosidade engloba duas dimensões: tempo e espaço. A dimensão temporal expressa-se pela probabilidade de ocorrência do fenómeno no tempo, cujo cálculo se pode basear no histórico existente para o evento; a dimensão espacial advém da susceptibilidade ou propensão para um território, face aos seus factores condicionantes, ser afectado pelo evento natural, independentemente do seu período de recorrência (VERDE e ZÊZERE, 2007). O conceito de vulnerabilidade foi introduzido por VARNES (1984), e corresponde ao grau de dano ou perda potencial num determinado elemento ou conjunto de elementos como consequência da ocorrência de um fenómeno de determinada intensidade. O seu valor expressa-se numa escala que varia entre zero (não ocorre qualquer dano) e um (o dano é total), resultando na destruição do elemento em risco (VARNES, 1984; CARDONA, 2003).

Quantitativamente, o risco (R) é

muitas vezes expresso pelo produto entre a perigosidade (P) e a vulnerabilidade (V) (FELL, 1994; PEDUZZI *et al.*, 2001; UNDP, 2004; DILLEY *et al.*, 2005; CARDONA *et al.*, 2005).

$$R = P \times V \quad (1)$$

Contudo, uma dificuldade que essa abordagem levanta é a de não conseguir diferenciar adequadamente a perda real de elementos diferentes com a mesma vulnerabilidade. Para colmatar esta dificuldade surgiu a necessidade de introduzir o valor dos elementos (S), seja este um valor económico ou outro. Neste contexto, surge o conceito de dano potencial, o qual se reporta a todos os elementos em risco: população, edificações e obras de engenharia, actividades económicas, serviços públicos, infraestruturas e património natural na área potencialmente afectada pelo processo considerado (FILHO, 2001; IUGS, 1997). O dano potencial corresponde ao produto entre a vulnerabilidade dos elementos e o seu respectivo valor. Deste modo, a fórmula de cálculo de risco sofre uma modificação, passando o risco a ser entendido como o produto entre a perigosidade e o dano potencial, fórmula esta que se encontra de acordo com o quadro conceptual internacionalmente aceite no domínio dos riscos naturais (VERDE e ZÊZERE, 2007).

$$R = P \times V \times S \quad (2)$$

A modelação da perigosidade de incêndio florestal consistiu num processo de análise multi-critério ou multi-variável executado de acordo com a metodologia desenvolvida por ALMEIDA *et al.* (1995) tendo, no entanto, sido efectuadas algumas alterações. A utilização deste tipo de metodologia no

desenvolvimento de cartografia de perigo de incêndio florestal não é original, tendo sido anteriormente utilizada por CHUVIECO e CONGALTON (1989) e FERRAZ e VETTORAZZI (1998), entre outros. Contudo, a opção pela sua utilização deve-se ao facto de se tratar de uma metodologia intuitiva e completa, adaptada às características do problema e que reconhece as suas variadas facetas.

Neste sentido, efectuou-se a selecção de variáveis de acordo com a sua representatividade ou contributo para a perigosidade, havendo o especial cuidado de seleccionar apenas variáveis independentes entre si, de modo a reduzir o efeito de enviesamento dos resultados por autocorrelação. Estas variáveis, cujo carácter exclusivamente biofísico/natural ou social nem sempre está bem definido, podem ser classificadas, quanto à sua natureza, em três grupos distintos: físicas, sociais e histórico-geográficas. Do grupo de variáveis físicas fazem parte o uso e ocupação do solo, a hidrografia e a orografia, concretamente, o declive e a exposição solar. No grupo de variáveis sociais estão incluídos aspectos como: densidade demográfica, interface urbano/florestal, rede viária, espaços de recreio florestal e componentes infraestruturais específicos de defesa da floresta contra incêndios, nomeadamente, postos de vigia, pontos de abastecimento de água e quartéis de bombeiros. Relativamente à variável histórico-geográfica, o critério utilizado foi a incidência espacial de incêndios. Assim, da série estatística de áreas ardidas entre 1975 e 2005 seleccionaram-se aleatoriamente dez anos para validação independente do modelo, e utilizaram-se os restantes vinte e um anos para a modelação.

O passo seguinte consistiu em integrar as variáveis, de modo a reflectirem o perigo que lhes está associado, tendo-se procedido à ponderação de cada variável e atribuição de pesos às suas sub-classes de acordo com a sua importância na perigosidade de incêndios florestais, correspondendo os valores mais elevados a uma maior influência na ocorrência dos incêndios florestais, e os valores mais baixos a uma influência mais reduzida (Quadro 1) para posteriormente efectuar a soma ponderada das mesmas. O método de ponderação usado foi o método de "comparação entre pares de critérios". Para este efeito, a informação vectorial relativa às diferentes variáveis foi rasterizada (em formato *Grid* com uma resolução de *pixel* de 10 metros de lado), recorrendo a software SIG (ArcGIS 9.1®). O modelo utilizado foi organizado de modo a que o índice de perigosidade de incêndio varie entre 0 (perigo mínimo) e 1 412 (perigo máximo). Este método permitiu a reclassificação do resultado da soma ponderada das variáveis em cinco classes de perigosidade (Muito Baixa, Baixa, Média, Elevada e Muito Elevada), com intervalos de valores constantes para cada classe.

Após a modelação da perigosidade, como forma de validação do modelo utilizado, efectuou-se o cálculo da incidência relativa da área ardida, entre 1975 e 2005, sobre as classes de perigosidade de incêndio florestal. A relação de proporcionalidade resultou do quociente entre a proporção de área ardida em cada classe e a proporção de cada classe de perigosidade.

Relativamente ao cálculo do dano potencial dos elementos, neste trabalho, a floresta foi considerada determinante, uma vez que, para além de ser

vulnerável a incêndios, desempenha duas importantes funções, essenciais para a sustentabilidade do concelho de Arganil, produção e conservação. Este facto conduziu à adopção de dois tipos de valoração: económica e paisagística. Neste sentido, as perdas potenciais apuradas são de duas ordens, apesar de

se encontrarem intrinsecamente ligadas, sendo o resultado final constituído por duas análises distintas de danos potenciais. No que concerne à vulnerabilidade dos elementos, a sua atribuição foi efectuada de acordo com o nível ou grau de destruição a que os elementos estão sujeitos face um incêndio.

Quadro 1 - Matriz de ponderação e valoração das variáveis. Adaptado de: ALMEIDA *et al.* (1995)

Variáveis		Ponderação	Coefficiente da Variável	Subclasses das Variáveis	Valor
Declive		210	14,87%	> 40%	210
				30-40%	140
				20-30%	47
				10-20%	24
				0-10%	8
Exposição		50	3,54%	Sul	50
				Oeste	34
				Este	13
				Norte	4
				Plano	0
Rede Hidrográfica		40	2,83%	< 30m	0
				> 30m	40
Ocupação do Solo		530	37,54%	Matos	530
				Povoamentos Mistos	472
				Eucaliptal	413
				Pinhal	236
				Agrícola	177
				Solo Nu/Pouca Vegetação	59
				Urbano	9
Interface Urbano/Florestal		100	7,08%	Densidade Baixa	20
				Densidade Média	50
				Densidade Alta	100
Densidade demográfica		40	2,83%	< 25 hab/km ²	8
				25 - 80 hab/km ²	20
				> 80 hab/km ²	40
Proximidade ao Recreio Florestal		30	2,12%	0 - 100 m	30
				100 - 200 m	16
				200 - 300 m	4
Rede viária	Proximidade à rede viária	70	4,96%	< 100 m	35
				100 - 200 m	16
				200 - 300 m	7
	Densidade de caminhos florestais e agrícolas			< 5m/ha	35
				5 - 12,5 m/ha	16
				12,5 - 20 m/ha	7
				20 - 30 m/ha	7
				30 - 40 m/ha	16
> 40 m/ha	35				

Quadro 1 – Cont.

Variáveis	Ponderação	Coefficiente da Variável	Subclasses das Variáveis	Valor
Visibilidade de postos de vigia	30	2,12%	Oculto	30
			Visível por 1 posto	6
			Visível por 2 postos	4
			Visível por 3 ou mais postos	2
Distância aos Pontos de Água	75	5,31%	< 1000m	10
			1000 - 2000m	40
			2000 - 3000m	75
Tempo Deslocação dos Bombeiros	75	5,31%	< 5min	10
			5 - 10min	25
			10 - 15min	50
			> 15min	75
Histórico de Incêndios	162	11,47%	Nunca ardeu	0
			Ardeu uma vez	30
			Ardeu duas vezes	70
			Ardeu três ou mais vezes	162

Quanto ao dano potencial exclusivamente económico, a sua quantificação resultou da atribuição de valores monetários às classes de uso e ocupação do solo, de acordo com o vigente na Portaria n.º 1152/2006, de 30 de Outubro, relativamente aos custos de construção de edificações e infra-estruturas, e no documento "Estratégia Nacional para as Florestas" elaborado pela AFN (2006), onde estão definidos os valores de mercado das diferentes espécies florestais (Quadro 2). Desta forma, este dano potencial traduz-se na perda monetária por área de superfície.

Relativamente às perdas potenciais na paisagem, ou seja, o dano potencial paisagístico, a sua quantificação foi efectuada por extrapolação e ajustamento dos valores de referência propostos pelo ICNB (2007) para as unidades de paisagem (Quadro 3). Estes valores paisagísticos, e por inerência os danos potenciais na paisagem, são adimensionais, uma vez que o valor paisagístico resulta da atribuição

numérica a parâmetros classificados qualitativamente. Neste âmbito, identificaram-se os seguintes elementos ou unidades de paisagem de carácter natural e/ou antrópico: a Mata do Hospital e o Santuário do Montalto, na freguesia de Arganil; um núcleo de *Quercus suber* na freguesia de Folques; a reserva de recreio da Fraga da Pena e o Vale da Ribeira do Carqueivão, na freguesia de Benfeita; a Mata da Margaraça, nas Freguesias de Benfeita, Teixeira e Moura da Serra; a Mata do Convento, um núcleo de *Quercus Pyrenaica* e um núcleo de *Acer Monspessulanum*, na freguesia de Vila Cova de Alva; e a Aldeia Histórica do Piódão, na freguesia de Piódão, para além das aldeias, socalcos agrícolas, pinhais e matos existentes em todas as freguesias.

Por último, a integração dos componentes de risco (perigosidade e dano potencial) obedeceu à fórmula seguinte:

$$R = \left(\sum_{i=1}^n p_i \cdot Ep_i \right) \times \left(\sum_{j=1}^n v_i \cdot s_j \right) \quad (3)$$

Onde:

p = factor de ponderação das variáveis

Ep = variáveis de perigosidade

v = vulnerabilidade

s = valor

Dado que foram considerados dois danos potenciais diferentes para os elementos em risco e as suas unidades não são compatíveis entre si, da avaliação do risco de incêndio florestal resultaram dois mapas de risco. Tal como

na modelação de perigosidade, os resultados obtidos nos mapas de risco foram distribuídos por cinco classes (Muito Baixo, Baixo, Médio, Elevado e Muito Elevado), através de quebras naturais.

Resultados e discussão

O mapa de perigosidade obtido através da integração das diferentes variáveis indica que, em termos gerais, as áreas de perigo Muito Elevado (17,5%) localizam-se, predominantemente, no sector Este do concelho, ao longo das vertentes da Serra do Açor (Figura 2).

Quadro 2 - Valores de referência para vulnerabilidade e valor económico dos elementos e respectivo dano potencial

Elementos em Risco	Vulnerabilidade	Valor Económico	Dano Potencial
Urbano	0,75	557,29 €/m ²	417,97 €/m ²
Agrícola	0,50	200 €/ha	100,00 €/ha
Matos	0,50	52 €/ha	26,00 €/ha
Pinhal	1,00	91 €/ha	91,00 €/ha
Eucaliptal	0,75	136 €/ha	102,00 €/ha
Povoamentos Mistos	0,75	87 €/ha	65,25 €/ha
Solo Nu/Pouca Vegetação	0,25	10 €/ha	2,50 €/ha

Quadro 3 - Valores de referência para vulnerabilidade e valor paisagístico dos elementos e respectivo dano potencial

Elementos em Risco	Vulnerabilidade	Valor Paisagístico	Dano Potencial
Mata da Margarça	1,00	9,00	9,00
Fraga da Pena	0,75	8,00	6,00
Area Agrícola	0,50	6,70	3,35
Folhosas autóctones e Galerias ripícolas	1,00	6,00	6,00
Aldeia Histórica do Piódão	1,00	9,00	9,00
Santuário do Montalto	0,50	8,00	4,00
Matas	1,00	6,00	6,00
Aldeias (Area Urbana)	0,75	3,00	2,25
Matos	0,50	2,30	1,15
Pinhal	1,00	1,70	1,70
Restante Area	0,25	1,00	0,25

As áreas de perigosidade Elevada (45,6%) conjuntamente com as áreas da classe Média (25,1%) são as que têm maior representatividade e distribuem-se fragmentariamente por todo o concelho. Já as classes de perigo mais reduzido, Baixa (10,6%) e Muito Baixa (1,2%), têm pouca representatividade no território e concentram-se, essencialmente, nos núcleos populacionais das freguesias que se estendem ao longo do vale do rio Alva. Note-se que a predominância das classes mais altas de perigosidade no sector Este do concelho deve-se, fundamentalmente, aos acentuados declives; às extensas áreas de matos, os quais possuem elevado grau de combustibilidade; à baixa densidade de caminhos agrícolas e florestais, cujas características impedem um tempo de deslocação reduzido por parte dos meios de combate a incêndios florestais; e ainda, à forte incidência das áreas ardidas neste sector do concelho.

O cálculo da incidência das áreas ardidas, entre 1975 e 2005, sobre o mapa de perigosidade deu origem a duas curvas: sucesso e validação (Figura 3). A

curva de sucesso resulta da aplicação das áreas ardidas utilizadas na construção do modelo, e a curva de validação resulta da aplicação das áreas ardidas que não foram consideradas na construção do modelo (no caso em apreço, áreas ardidas dos dez anos seleccionados aleatoriamente para este efeito). Para ambas as situações verifica-se uma incidência crescente com o aumento da perigosidade, apesar de, como seria de esperar, ser menor na curva de validação. A curva de sucesso do mapa de perigosidade demonstra que, quando se consideram os 17,5% da área total classificada com perigosidade Muito Elevada, verifica-se que ela integra 80% da área ardida. A curva de predição demonstra que mais de 50% da nova área ardida está constringida aos 17,5% da área classificada com maior perigosidade. Neste sentido, a curva de sucesso indica um bom ajustamento do modelo utilizado e a curva de validação evidencia que o modelo tem um comportamento eficiente para representar a perigosidade de incêndio florestal no concelho de Arganil.

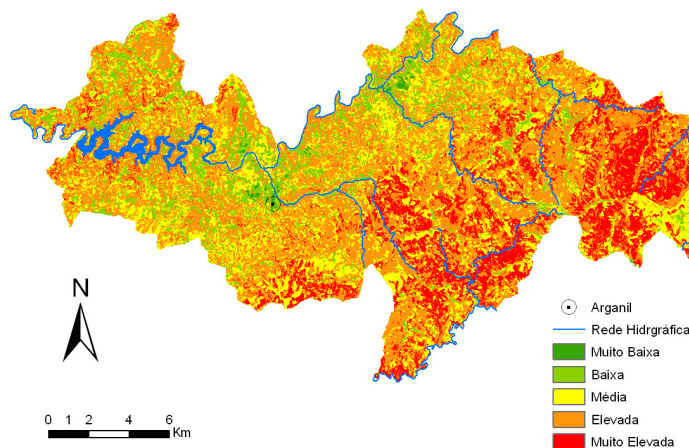


Figura 2 – Mapa de perigosidade de incêndio florestal

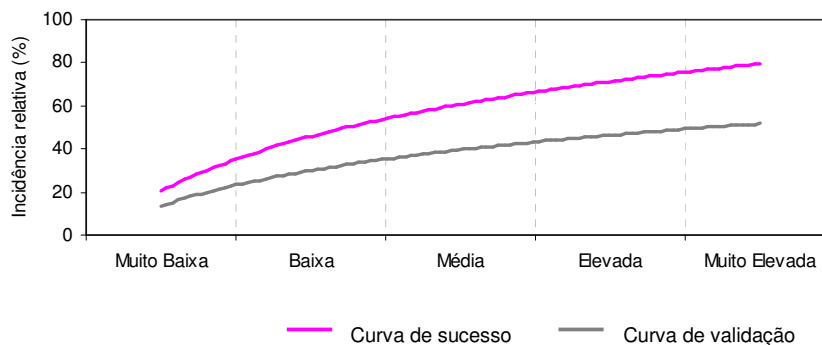


Figura 3 – Incidência relativa das áreas ardidas nas classes de perigosidade

O mapa de risco de incêndio florestal, resultante do produto entre a perigosidade e o dano potencial económico, evidencia que a classe de risco Muito Baixo (59,6%) é a dominante no concelho de Arganil (Figura 4). Para a prevalência desta classe de risco muito contribuiu o facto de os matos serem, simultaneamente, os elementos com maior predominância no território e, também, aqueles que detêm o dano potencial mais reduzido, em virtude do seu baixo valor monetário.

As classes de risco Baixo (15,0%) e Médio (17,0%) surgem dispersas por todo o concelho, circundando as superfícies urbanas ou mesmo nas encostas serranas onde se localizam algumas das superfícies agrícolas, bem como povoamentos mistos e puros de pinhal.

A classe de risco Elevado (7,2%) é pouco significativa e a sua incidência é maior no sopé da cadeia montanhosa, onde os povoamentos de eucaliptal ocupam grandes extensões. A estes povoamentos a metodologia utilizada conferiu perigosidade e dano potencial consideravelmente elevados, o que incrementou o risco de incêndio florestal.

A classe de risco Muito Elevado

(1,2%) tem uma expressão territorial muito reduzida, estando representada nos principais núcleos urbanos e nos espaços destinados aos pólos industriais, os quais se localizam próximo das principais vias rodoviárias. Na maioria das superfícies urbanas o perigo de incêndio florestal é reduzido, no entanto, o facto de o dano potencial ser muito elevado incrementa o risco, especialmente nas áreas de interface urbano-florestal, onde o perigo de incêndio é elevado.

Relativamente ao mapa de risco de incêndio florestal resultante do produto entre a perigosidade e o dano potencial paisagístico, verifica-se que as classes de risco se distribuem em duas áreas geográficas distintas (Figura 5). As classes de risco mais baixas - Muito Baixo (17,1%) e Baixo (33,6%), localizam-se nas freguesias do vale do rio Alva, ao passo que as classes de risco mais altas - Médio (39,2%) e Elevado (9,7%), se distribuem ao longo da Serra do Açor. A classe de risco Muito Elevado (0,4%) é, praticamente, residual e a ela correspondem as áreas abrangidas pela Aldeia Histórica do Piódão e pela Mata da Margaraça.

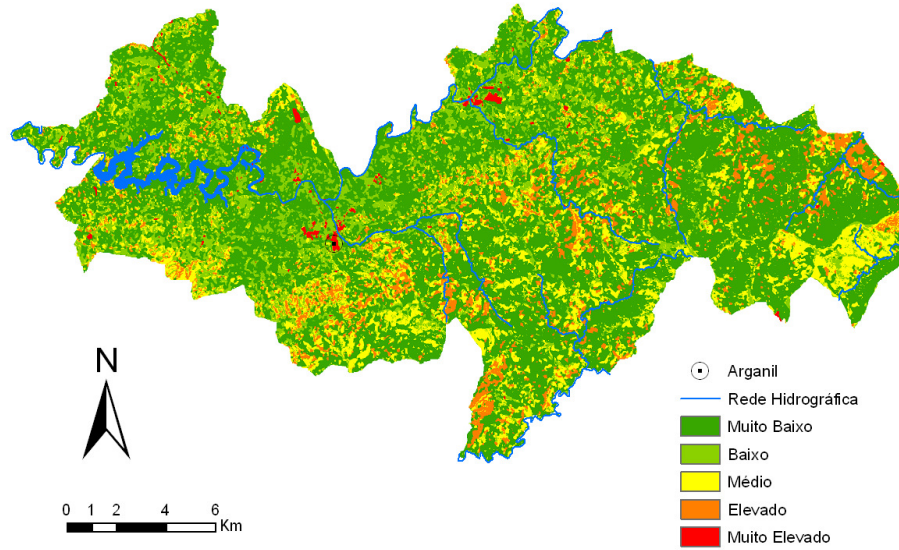


Figura 4 – Mapa de risco de incêndio florestal em função do valor económico

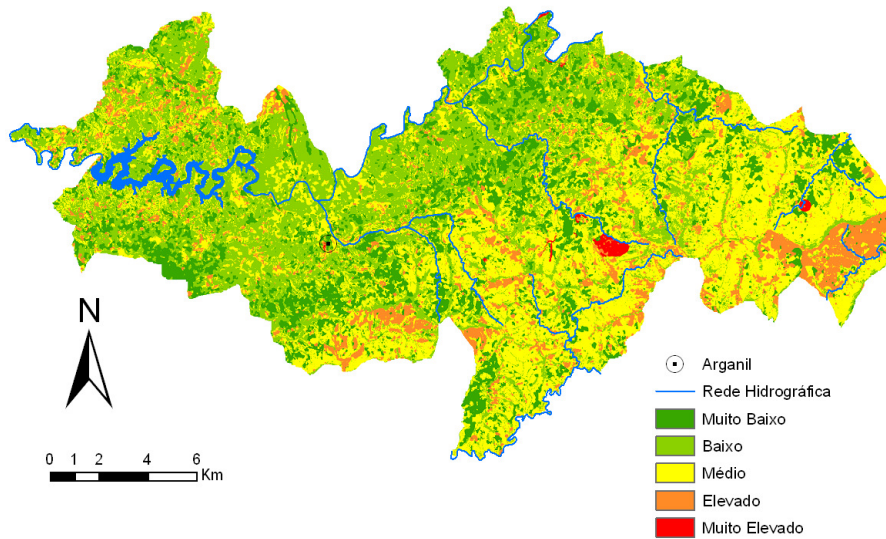


Figura 5 – Mapa de risco de incêndio florestal em função do valor paisagístico

Conclusões

No presente estudo foi possível concretizar com sucesso a avaliação do risco de incêndio florestal com recurso a variáveis físicas e sociais e à valoração dos elementos. Da integração das variáveis, através da sua soma ponderada, no modelo de perigosidade resultou um mapa de perigo de incêndio florestal que indica que, no concelho de Arganil, na sua globalidade, os níveis de perigosidade são elevados. Estes resultados devem-se, essencialmente, às condições morfológicas propícias à eclosão e desenvolvimento de incêndios florestais, à disponibilidade de material com elevada combustibilidade e à forte incidência de incêndios nas últimas décadas. Em suma, as características físico-naturais deste concelho potenciam a ocorrência de incêndios. Devido aos baixos níveis de presença humana, as características sociais demonstram ter um papel redutor na eclosão do fogo, mas, opositor na sua supressão. Estes dados revelam que é urgente tomar medidas de prevenção eficazes tais como: a gestão de faixas de combustíveis com vista à compartimentação dos espaços florestais, o reforço dos postos de vigia, a construção e manutenção de aceiros e a melhoria na eficácia da primeira intervenção, preconizada pelas diferentes equipas a quem foi atribuída esta competência. Estas medidas, para que surtam efeito, implicam o contributo e participação de todos os agentes da gestão do território, inclusivamente das populações.

Relativamente ao índice de risco de incêndio florestal, conclui-se que as duas metodologias utilizadas indicam que o concelho de Arganil apresenta, na

generalidade, níveis baixos de risco; o que significa que o potencial de perda perante o fenómeno incêndio é reduzido. Este resultado decorre do facto de os elementos com maior dano potencial, económico ou paisagístico, terem uma baixa representatividade cartográfica no concelho. No entanto, a propensão a incêndios (que poderão atingir dimensões catastróficas) expressa no mapa de perigosidade, possibilitará a ocorrência de eventuais perdas avultadas, sobretudo nos elementos que fazem parte do *ex libris* que o concelho de Arganil oferece em termos turísticos, e dos quais muito depende a subsistência de habitantes deste concelho, para além das possíveis perdas irreversíveis ao nível do património natural.

Neste sentido, os mapas obtidos revelam-se de grande utilidade. O mapa de perigosidade é particularmente indicado para acções de defesa da floresta contra incêndios, concretamente nas acções de prevenção, permitindo identificar os locais onde o potencial para a ocorrência de incêndios florestais é maior e onde um incêndio poderá adquirir maior magnitude. Por outro lado, o mapa de risco de incêndio florestal é relevante, sobretudo, em acções de supressão, permitindo identificar o potencial de perda de cada lugar cartografado; não obstante, este mapa pode ser utilizado em acções de planeamento e gestão da floresta, quando analisado em conjunto com o mapa de perigosidade. Os índices expressos nos dois mapas produzidos neste trabalho adquirem uma utilidade prática, ainda maior quando conjugados com o índice diário de risco de incêndio, uma vez que têm um carácter de complementaridade no processo de

tomada de decisões.

Os índices obtidos têm, aproximadamente, uma validade temporal de trinta anos, contudo, caso ocorram mudanças drásticas de alguns factores, o cenário pode ser alterado. As variáveis fisiográficas não tenderão a sofrer mudanças, em contrapartida, as restantes variáveis estão sujeitas a modificações que podem ser mais ou menos rápidas. A manutenção da tendência expressa nas últimas décadas para a diminuição da população e o aumento das áreas ocupadas por matos, conduzirá a modificações que poderão ser ainda mais acentuadas do que o previsto. Por sua vez, a diminuição populacional colocará em causa a melhoria das infraestruturas de defesa da floresta contra incêndios. De igual modo, os valores monetários dos elementos poderão sofrer grandes oscilações, o que implicará a actualização do mapa de risco de incêndio florestal.

Referências bibliográficas

- AFN - Autoridade Florestal Nacional, 2006. Estratégia Nacional para as Florestas. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Disponível em <<http://www.afn.min-agricultura.pt/portal/inf-flo/enf/estrategia-nacional-para-as-florestas>>. Página consultada em Setembro de 2008.
- ALMEIDA, R., CARIDADE, REDINHA, J., GRILO, F., M., ANTÓNIO, R., CASTRO, M. VINAGRE, P., PINHEIRO, D., GUERREIRO, J., SOUSA C. MENDONÇA, M., 1995. *Relatório do Projecto Piloto de Produção de Cartografia de Risco de Incêndio Florestal*. Centro Nacional de Informação Geográfica, Lisboa, 60 pp.
- BACHMANN, A., ALLGÖWER, B., 1999. The need for a consistent wildfire risk terminology. In *Proceedings from the Joint Fire Science Conference and Workshop*. Boise, Idaho, June 15-17.
- CARDONA, O.D., 2003. Indicators for Disaster Risk Management. *First Expert Meeting on Disaster Risk Conceptualization and Indicator Modelling*, Manizales-Colombia, 38 pp.
- CARDONA, O.D. et al., 2005. System of indicators for disaster risk management: main technical report. Manizales - Washington: Instituto de Estudios Ambientales Universidad Nacional de Colombia / Inter-American Development Bank.
- CARVALHO, P.C.F., 2005. *Modelação do risco de Incêndio Florestal com Redes Neurais Artificiais: aplicação ao Parque Natural de Montesinho*. Dissertação de Mestrado em Ciência e Sistemas de Informação Geográfica. Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação, Universidade Nova de Lisboa.
- CHUVIECO, E., CONGALTON, R.G., 1989. Application of Remote Sensing and Geographic Information Systems to Forest Fire Hazard Mapping. *Remote Sensing of Environment* **29**: 147-160.
- CHUVIECO, E., SALAS, F., VEGA, C., 1997. *Remote Sensing and GIS for Long-Term Fire Risk Mapping*. Megafires project ENV-CT96-0256, Alcalá de Henares, pp. 91-108.
- DILLEY, et al., 2005. *Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis*. Washington: World Bank Publications.
- FELL, R., 1994. Landslide risk assessment and acceptable risk. *Canadian Geotechnical Journal* **31**: 261-272.
- FERRAZ, S.F.B., VETTORAZZI, C.A., 1998. Mapeamento de risco de incêndios florestais por meio de sistema de informações geográficas (SIG). *Scientia Forestalis, Piracicaba* **53**: 39-48.
- FILHO, O.A., 2001. *Carta de Risco de Escorregamentos Quantificada em Ambiente de SIG como Subsídio para Planos de Seguro em Áreas Urbanas: um ensaio em Caraguatatuba (SP)*. Pós-Graduação em Geociências. Instituto de Geociências e Ciências Exatas/Unesp, Rio Claro, Tese de Doutorado, 195 pp.

- FREIRE, S., CARRÃO, H., CAETANO, M. R., 2002. Produção de Cartografia de Risco de Incêndio Florestal com Recurso a Imagens de Satélite e Dados Auxiliares. *Actas do VII Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica (ESIG' 2002)*. 13 a 15 de Novembro, Lisboa: Instituto Geográfico Português.
- ICNB - Instituto de Conservação da Natureza e Biodiversidade, 2007. *Plano de Ordenamento da área de Paisagem Protegida da Serra do Açor. 1.ª Fase Caracterização - Discussão Pública*. Outubro de 2007. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.
- INE - Instituto Nacional de Estatística, 2002. *XIV Recenseamento Geral da População 2001. IV Recenseamento Geral da Habitação*. INE, Lisboa.
- IUGS - International Union of Geological Sciences - Working Group on Landslides, 1997. *Quantitative risk assessment for slopes and landslides - The state of the art*. In *Landslide Risk Assessment* CRUDEN, D., FELL, R. (Eds.). Proceedings of the International Workshop on Landslide Risk Assessment. A.A. Balkema, pp. 3-12.
- MACEDO, F.W., SARDINHA, A.M., 1993. *Fogos Florestais*. Vol I, 2ª Ed., Publ. Ciência e Vida. Lisboa, 430 pp.
- MILLINGTON, J.D.A. (s.d.). Natural Hazards: Forest Fires. Disponível em <http://members.lycos.co.uk/NaturalHazards/FFires.html>>. Página consultada em Novembro de 2007.
- NHERC - Natural Hazards Education and Research Cooperative, 2008. <http://www.naturalhazards.org>>. Página consultada em Setembro de 2008.
- OLIVEIRA, D.S., 2002. *Zoneamento de risco de incêndios em povoamentos florestais no norte de Santa Catarina*. Universidade Federal do Paraná, Curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Curitiba. (Dissertação de mestrado), 113 pp.
- PEDUZZI, P., et al., 2001. *Insight on common key indicators for Global Vulnerability Mapping*. Ed. UNEP/GRID, Genebra.
- UNDP - United Nations Development Programme, 2004. *Reducing Disaster Risk: a challenge for development*. USA: UNDP. New York, 129 pp.
- VARNES, D.J., 1984. *Landslide Hazard Zonation: a review of principles and practice*. International Association of Engineering Geology Commission on Landslides and Other Mass Movements on Slopes. UNESCO, Paris.
- VERDE, J., ZÉZERE, J.L., 2007. Avaliação de perigosidade de incêndio florestal. In *Actas do VI Congresso de Geografia Portuguesa*, 17-19 Outubro. UNL. Lisboa, 23 p.
- VIEGAS, D.X., BOVIO, G., FERREIRA, A., NOSENZO, A., SOL, B., 1999. Comparative Study of Various Methods of Fire Danger Evaluation in Southern Europe. *International Journal of Wildland Fire* 9(4): 235-246.
- VORISSIS, D., 1999. *Definition of the Needs of Suppress Group as Concern of the Prediction of the Behaviour of Wild Land Fires*. In DELFI. Athens, pp. 159-163.
- Entregue para publicação em Março de 2009*
Aceite para publicação em Agosto de 2011