

OS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NO PLANEAMENTO ESTRATÉGICO DE INFRA-ESTRUTURAS DE PREVENÇÃO E SUPRESSÃO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS. CASO DE ESTUDO: CONCELHO DA SERTÃO¹

99

Hugo Saturnino

Autoridade Florestal Nacional
hugo.saturnino@afn.min-agricultura.pt

Paulo Fernandez

Instituto Politécnico de Castelo Branco - Escola Superior Agrária
palex@esa.ipcb.pt

José M. Monteiro

Instituto Politécnico de Castelo Branco - Escola Superior Agrária
jmonteiro@esa.ipcb.pt

RESUMO

Os grandes incêndios florestais têm sido o fenómeno com mais impacto na perturbação dos espaços florestais. A modelação do comportamento e desenvolvimento espacial de uma frente de fogo contribui para melhorar as decisões de localização de infra-estruturas de apoio à supressão de incêndios florestais.

Palavras chave: modelação de incêndios, Farsite4, FlamMap3, BehavePlus3, planeamento de infra-estruturas.

RÉSUMÉ

Les grands feux de forêt ont été les problèmes avec le plus d'impact sur la perturbation des zones forestières. La modélisation du comportement et du développement d'un front de feu peut améliorer les décisions de localisation des infrastructures de support de la suppression des incendies de forêt.

Mots-clé: modélisation des incendies, Farsite4, FlamMap3, BehavePlus3, planification de l'infrastructure forestière.

ABSTRACT

Large forest fires have been the problem with more impact on the disturbance of forest areas. The modelling of behaviour and spatial development of a fire front will improve the decisions of locating infrastructures to support the suppression of forest fires.

Key words: modelling of forest fires, Farsite4, FlamMap3, BehavePlus3, planning of forest infrastructure.

¹ O texto deste artigo corresponde à comunicação apresentada ao V Encontro Nacional e I Congresso Internacional de Riscos e foi submetido para revisão em 02-06-2009, tendo sido aceite para publicação em 02-03-2010.
Este artigo é parte integrante da Revista Territorium, n.º 17, 2010, © Riscos, ISBN: 0872- 8941.

Introdução e objectivos

Os incêndios florestais, pela sua relevância na perturbação dos ecossistemas florestais e naturais, ao nível da paisagem, são, sem dúvida, o maior desafio contemporâneo ao ordenamento do território.

100

Este estudo pretende explorar as potencialidades dos simuladores de incêndios florestais, que operam em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como ferramentas de apoio à decisão na prevenção estrutural de incêndios, tendo como referência a análise do histórico das ocorrências. Estas ferramentas de modelação permitem compreender a dinâmica de propagação de grandes incêndios florestais, num determinado território, e a sua consequente aplicação à gestão dos espaços florestais e ordenamento do território.

Área de estudo

A área de estudo (12 616 ha) localiza-se no distrito de Castelo Branco, concelho da Sertã, concretamente nas freguesias de Cernache do Bonjardim, Castelo, Nespéral e Palhais. Situa-se no Pinhal Interior Sul (NUTS II), sobranceira às “cabeceiras” da albufeira de Castelo de Bode.

Em termos climáticos recorreu-se às normais climatológicas de Alvaiázere/Rego da Murta (1934 - 1960), Castelo Branco (1961 - 1986) e Lousã/Boavista (1964 - 1982). Durante o período crítico (Julho a Setembro), a temperatura média máxima na área de estudo é de cerca de 28°C, contudo, a média máxima, derivada da média das estações, atinge os 41,5°C. No mesmo período, a precipitação total média não ultrapassa os 71 mm e a humidade relativa média os 47,5%. A velocidade média do vento, pela média das estações, regista 8 km/h, a frequência mais evidente situa-se nos quadrantes a Norte, Oeste e Este.

A orografia algo vincada da região (fig. 1) tem consequências quer ao nível da prevenção, quer ao nível da supressão de incêndios, em termos da gestão de combustíveis em vales encaixados e linhas de água, construção e/ou manutenção de acessos, velocidade de deslocamento dos meios de combate terrestres e aéreos ou a dinâmica de progressão dos incêndios em declives acentuados.

A área assenta num planalto, com orientação NE - SW, que escoar integralmente para as albufeiras do rio Zêzere, albufeira da Bouçã, a montante, e albufeira de Castelo do Bode, a jusante.

A ocupação e o uso do solo actual da área de estudo são possivelmente a imagem da ocupação da grande região do pinhal. Cerca de 75 % da ocupação é florestal,

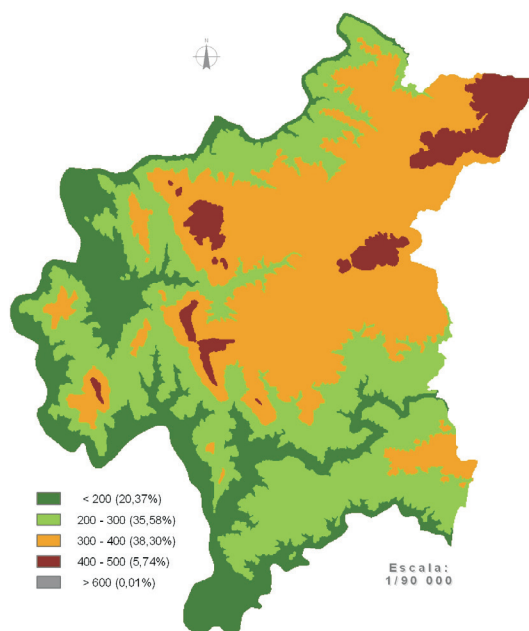


Fig. 1 - Mapa de classes altimétricas.

constituída essencialmente por povoamentos de pinheiro bravo e eucalipto. Naturalmente e de forma abundante, vegeta o sobreiro, o carvalho negral, o medronheiro e o castanheiro.

O coberto arbustivo é constituído, essencialmente, por carqueja, giesta, sargaço, trovisco, pilriteiro, esteva, silva, entre outros. Constituem densos maciços de reocupação pós-incêndio ou em sub-coberto do pinheiro bravo ou do eucalipto, potenciando a já forte continuidade horizontal e vertical de combustíveis (fig. 2).

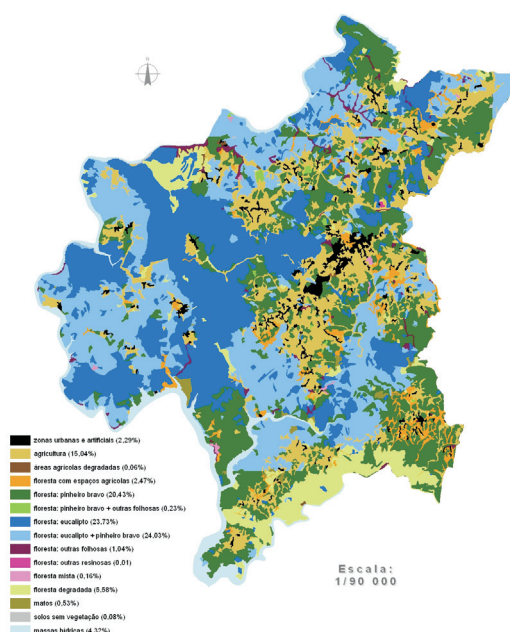


Fig. 2 - Mapa de classes ocupação do solo.

A área percorrida por incêndios florestais, ao longo das três últimas décadas (1980, 1990 e 2006), totaliza 13 883 ha (fig. 3).

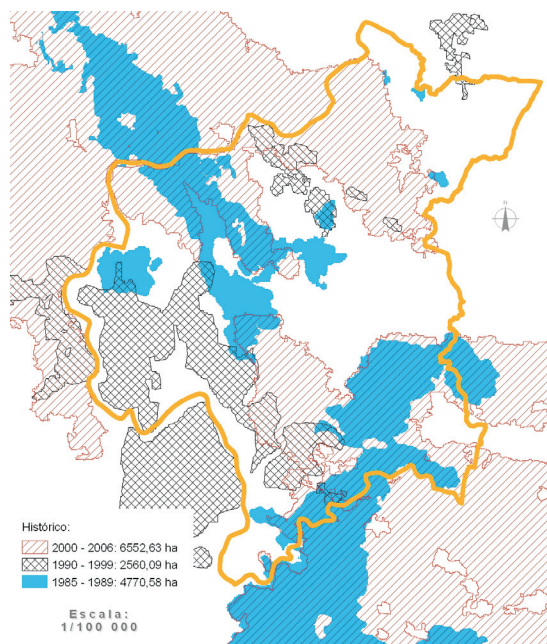


Fig. 3 - Histórico de incêndios florestais que ocorreram na área de estudo.

O estudo do histórico evidencia que apenas um pequeno número de ignições formam incêndios de relevância significativa. Os valores demonstram igualmente que o problema da temática incêndios florestais, nesta região, reside na continuidade dos combustíveis florestais e, na conjugação de um conjunto de factores que determinam que uma “vulgar” ocorrência se transforme num incêndio de grandes proporções.

Materiais e métodos

O desenvolvimento do estudo teve como base as metodologias apresentadas em projectos semelhantes (Espanha, Catalunha), nomeadamente por CASTELLÀ E ALMIRALL (2005) e TERRADEBOSC (s/d). O estudo foi organizado em quatro fases:

- 1) Tipificação de incêndios relevantes (CPS) e identificação de pontos críticos;
- 2) Farsite4 - simulação de cada um dos incêndios identificados;
- 3) FlamMap3 - simulação segundo os episódios meteorológicos relevantes;
- 4) Behave3 - dimensionamento e validação de infra-estruturas;

Tipificação de incêndios relevantes (CPS) e identificação de pontos críticos

A informação geográfica relativa aos perímetros das áreas percorridas por incêndios florestais é fundamental para os objectivos do trabalho. As fontes utilizadas foram os arquivos de levantamentos de áreas percorridas por incêndio da AFN - Autoridade Florestal Nacional (ex-DGRF (Direcção Geral dos Recursos Florestais) e do Gabinete Técnico Florestal do Município da Sertã.

Outros dados relevantes à construção do histórico de incêndios foram as entrevistas às entidades locais, nomeadamente, Corpos de Bombeiros Voluntários de Cernache do Bonjardim e da Sertã. Essas informações permitiram complementar os dados de início de algumas das ocorrências mais antigas e identificar os locais onde os grandes incêndios conseguiram ultrapassar a albufeira de Castelo de Bode numa largura média na ordem dos 300 m ou o comportamento particular de alguns dos diversos incêndios estudados.

A análise e tipificação do histórico (topográfico ou vento) foram desenvolvidas com o recurso à técnica empírica de *Campbell Prediction System* (CPS), com base no alinhamento de forças de propagação de um incêndio (vento, exposição e declive). O método permite identificar as zonas de máxima e mínima intensidade de frente de fogo, tal como, a identificação de pontos críticos.

Simulação dos incêndios identificados através do modelo Farsite4

Os programas de simulação de incêndios florestais em ambiente SIG requerem como informação geográfica base o Modelo Digital de Terreno (MDT) e a cobertura do solo. O modelo Farsite4 permite identificar as características e comportamentos de determinado incêndio. A simulação decorre numa base temporal dinâmica onde a conjugação do relevo, da ocupação e da meteorologia ditam a propagação do incêndio à escala da paisagem (STRATTON, 2004, p. 37).

Os níveis de informação correspondentes à altimetria, ao declive, à exposição de encostas, foram derivados do MDT. O MDT foi construído a partir das cartas de curvas de nível (altimetria) em formato vectorial à escala 1/25 000 (Fonte: Igeoe).

A cartografia de ocupação e uso do solo foi alvo de estudo, afim de seleccionar as melhores opções que permitissem representar o histórico dos incêndios florestais. Como cobertura da ocupação do solo para os incêndios que ocorreram num período anterior a 1995, utilizou-se a cartografia de ocupação do solo (COS'90) à escala 1/25 000 (fonte: IGP). Nos incêndios posteriores (1996 a

2006), foi avaliada a possibilidade de utilizar a mesma cobertura (COS'90) ou como alternativa a cobertura CORINE Land Cover 2000 (CLC2000), à escala 1/100 000 (fonte: IA). Ambas as fontes de informação geográfica apresentam desvantagens, ou por desactualização ou por escala de produção inferior aos objectivos do projecto. Assim, desenvolveu-se uma comparação entre os ortofotomapas (georeferenciados) do levantamento do ano 2000, o COS'90 e o CLC2000 (QUADRO I).

QUADRO I - Análise da adequação da fonte de informação geográfica da ocupação do solo.

Ocupação	CLC 2000				Cos' 90	
	Pontos	%	Envoltente (100 m)	%	Polígono	%
Corresponde	58	46	110	87	95	75
Não Corresponde	68	54	16	13	31	25

De acordo com os resultados apresentados no QUADRO I, efectuou-se uma actualização da ocupação de solo (COS '90) com referência nos ortofotomapas de 2000. Esta versão de cartografia temática de ocupação do solo foi utilizada no estudo dos incêndios que decorreram no espaço temporal de 1996 a 2006, e foi designada COS' 2000.

As bases cartográficas de ocupação do solo COS'90 e COS' 2000 foram classificadas em modelos de combustível, tendo como referência os modelos de CRUZ (2005, p.35) e em coberturas de sombreamento de copas. O modelo de classificação é proposto pela metodologia do sistema *Farsite4* e consiste na atribuição de um código de 1 a 4 de acordo com a respectiva classe (1:1-20%; 2:21-50%; 3:51-80% e 4:81-100%) de representação de cobertura de copas para tipologia de ocupação de solo.

A integração das cinco coberturas (altimetria, declive, exposição de encostas, modelos de combustíveis e zonas de sombreamento por copas) resulta numa estrutura *raster* denominada *Landscape* (LCP).

Os parâmetros meteorológicos foram obtidos junto do Instituto de Meteorologia, que facultou os seguintes dados diários: direcção e velocidade de vento, temperatura do ar, humidade relativa do ar e precipitação.

Os resultados da simulação para uma determinada ocorrência foram então comparados com o limite físico do incêndio.

Simulação dos episódios meteorológicos relevantes através do FlamMap3

O sistema *FlamMap3* desenvolve simulações de incêndios florestais numa base temporal estática. Assim os parâmetros como a direcção e velocidade do vento ou humidade dos combustíveis são mantidos fixos e constantes ao longo de todo o tempo de simulação.

No *FlamMap3* a base espacial de simulação é idêntica à utilizada no sistema *Farsite4*, a estrutura *raster* LCP. Este modelo produz um conjunto de *outputs* que permitem identificar o comportamento e o impacto dos episódios meteorológicos mais relevantes à escala da paisagem.

O modelo disponibiliza como *outputs* um conjunto de mapas temáticos tais como: comprimento de chama, calor por unidade de área, fogo de copas, velocidade de progressão. Estes resultados poderão ser perfeitamente conjugados com valores parametrizados relacionados com a capacidade de ataque de meios e equipamentos, o que constituirá uma ferramenta potencial para apoio à tomada de decisão ao nível de Defesa da Floresta Contra Incêndios (DFCI). O objectivo é a identificação geográfica de zonas de oportunidade efectiva de ataque e zonas fora de oportunidade, de acordo com a limitação dos meios disponíveis.

Localização e dimensionamento de infra-estruturas através do modelo Behave3

De acordo com o histórico de fogo, um dos problemas dos grandes incêndios está na capacidade de emissão de fogos secundários. A resposta a este tipo de dificuldade passa por conhecer a direcção e a velocidade de vento em que estes tipos de fenómenos ocorrem. A “janela de oportunidade” de travar e mesmo extinguir este tipo de incêndios está no efeito da conjugação da orografia com a direcção dos ventos estivais dominantes.

Os fogos secundários resultam de material incandescente arremessado na atmosfera pela coluna de convecção, projectada na frente de incêndio, que ao cair em área não ardida, inicia novos focos de incêndio. Este fenómeno poderá ser responsável por ultrapassar a linha de ancoragem dos meios de supressão e constituir uma verdadeira armadilha para os recursos envolvidos.

A solução desta conjugação de factores reside em dominar a distância de projecção de fogos secundários, através da construção de infra-estruturas de desaceleração e paralelamente de ancoragem. A localização e dimensão deste tipo de infra-estruturas são dadas pelo programa *BehavePlus3*.

As infra-estruturas de desaceleração de fogo consistem na instalação de faixas de gestão de combustíveis localizadas no terço superior das encostas perpendiculares à direcção dos ventos predominantes, estimando-se que a largura mínima destas faixas seja de cerca de 100 m (RIBOLOT E COSTA, 2000, p. 35).

As infra-estruturas de ancoragem de acções de extinção mais não são que caminhos construídos ou beneficiados para o efeito. Localizam-se nas encostas a sotavento dos ventos dominantes, paralelas à localização das faixas de desaceleração.

A avaliação de ocorrência de saltos de fogo faz-se através da observação de situações reais “*in situ*”, pela transposição de obstáculos de alguma dimensão, por exemplo, planos de água, através do mapa de isolinhas do modelo *Farsite4* ou pela simulação no sistema *BehavePlus3*.

O *BehavePlus3* funciona com base unicamente em dados alfanuméricos, ou seja, numa abordagem espacial a simulação é limitada a uma área concreta, contudo, com dados muito precisos. Como nos sistemas de modelação anteriores, os *inputs* pretendem representar a situação de propagação, considera-se a ocupação e uso do solo em forma de modelo de combustíveis, a humidade dos combustíveis, as características meteorológicas e as características físicas.

Por razões de segurança a distância da possível instalação da infra-estrutura de ancoragem deverá resultar da multiplicação da distância do salto de fogo fornecido no modelo pelo factor 1,5.

Análise de resultados

A análise de cada um dos incêndios relativamente à orografia, sob as técnicas *CPS*, permitiu tipificar cada um dos incêndios que compõem o histórico (vento ou topográfico), tal como, construir uma síntese gráfica dos pontos críticos existentes na área de estudo.

Como anteriormente referido, os pontos críticos foram conseguidos de uma forma muito expedita, pela conjugação da análise *CPS* com a extensão “*Arc HydroTools*”. Esta não só permitiu calcular as principais linhas de drenagem (linhas de água) e sub-bacias hidrográficas (linhas de cumeada) como os seus pontos de intersecção (fig. 4).

As simulações desenvolvidas em *Farsite4* confirmaram que os incêndios com maior área percorrida e destruidora, tiveram uma forte componente associada a ventos do quadrante NW, com velocidades na ordem dos 20 a 25 km/h fora do ambiente de fogo, em anos particularmente secos. O coberto vegetal e a humidade baixa dos combustíveis, associados aos fenómenos apontados anteriormente, potenciaram fogos secundários com uma taxa máxima de sucesso de ignição na ordem dos 5 % (Quadro II).

O sistema *FlamMap3*, em função de dados de base testados em *Farsite4*, permite obter diversas sínteses gráficas muito úteis para caracterização de diversos parâmetros de intensidade de incêndios florestais.

O mapa de comprimento de chama (fig. 5) demonstra que, de acordo, com as limitações dos equipamentos convencionais de supressão de incêndios relativamente ao comprimento de chama, a ocorrência de um incêndio

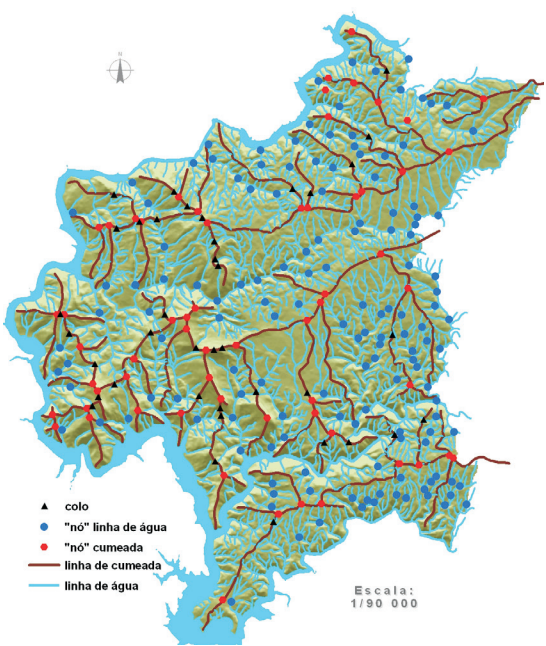


Fig. 4 - Síntese gráfica dos pontos críticos existentes na área de estudo.

QUADRO II - Resultados das simulações desenvolvidas em *Farsite4*.

DATA	ÁREA (ha)	INCÊNDIO TIPO	VENTO (QUADRANTE)	VELOCIDADE MÁXIMA (vento) (Km/h)	FOGOS SECUNDÁRIOS (%)	HUMIDADE DE COMBUSTÍVEIS (%)
1991/08/18	3 467	TOPOGRÁFICO	S	24	5	MÉDIA
		VENTO	NW			
1995/08/07	264	VENTO	NW	25	3	MÉDIA
2002/07/24	1 838	VENTO	NW	19	4	SECA
2005/07/19	10 924	VENTO	NW	20	5	SECA
2005/08/15	3 565	TOPOGRÁFICO	S	23	5	SECA
		VENTO	NW			
2006/08/12	38	VENTO	NW	23	3	MÉDIA

florestal com as características idênticas aos simulados colocaria 85 % do território fora do limite do ataque (Quadro III).

O mapa de fogo de copas (fig. 6) demonstra a razão da maior parte do território ter comprimentos de chama fora da capacidade de ataque por meios “convencionais”. A continuidade vertical de combustíveis é em grande parte responsável pela ocorrência destes fenómenos.

As características dos combustíveis (continuidade horizontal, vertical e fogos secundários), aliada a fenómenos climáticos particularmente adversos (ventos fortes e baixa humidade de combustíveis) deixam pouca margem de manobra para intervenções verdadeiramente eficazes ao nível da paisagem.

A intensidade de frente de incêndio também poderá ser uma boa fonte de informação para apoio à decisão (COLIN *et al.*, 2001, p. 14):

- Intensidades inferiores a 2000 KW/m: supressão efectiva por meios terrestres;

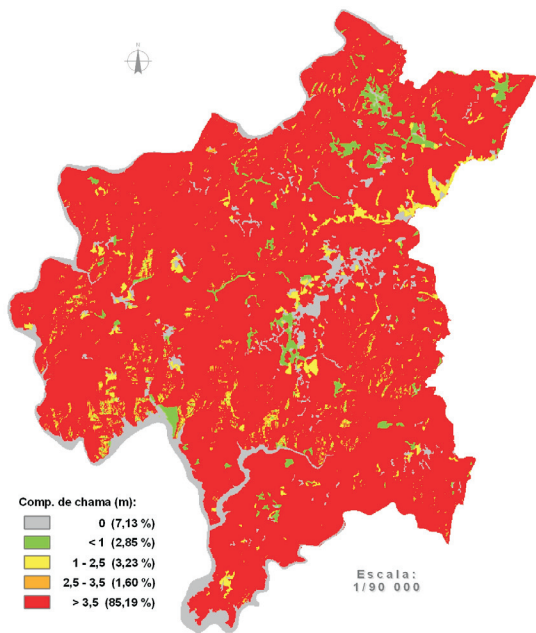


Fig. 5 - Mapa de comprimento de chama.

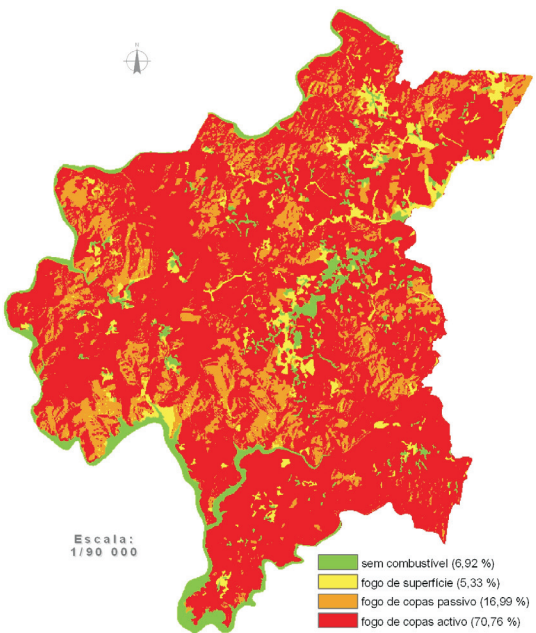


Fig. 6 - Mapa de fogo de copas.

QUADRO III - Relação do comprimento de chama com meios de supressão tipo.

Comprimento de chama	Meio de supressão tipo
< 1 m	O ataque directo com ferramentas manuais na cabeça e nos flancos do incêndio pode ser efectiva.
1 - 2,5 m	O ataque directo com ferramentas manuais não se pode fazer devido à intensidade de calor produzido; São necessários veículos com motobombas, tractores com lâmina frontal e meios aéreos.
2,5 - 3,5 m	O incêndio é difícil de controlar, pode ocorrer fogo de copas e fogos secundários. É provável que o ataque à cabeça não seja efectivo. Não é possível chegar a distâncias inferiores a 10 m do incêndio, sem risco acrescidos.
> 3,5 m	É muito provável que ocorram fogos de copa e fogos secundários. O ataque à cabeça não é efectivo. Será necessário recorrer ao fogo táctico ou contra-fogo.

Fonte: Mujica et al. (2000, cap. 18.2).

- Intensidades de 2000 a 4000 KW/m: supressão efectiva por meios aéreos;
- Intensidades superiores a 4000 KW/m: ataque à cabeça impossível, apenas possibilidade de contenção de flancos.

A observação da síntese gráfica não deixa margem para dúvidas. Cerca de 83% do território fica fora da capacidade de supressão efectiva em incêndios de características idênticas aos analisados (fig. 7).

Nos mapas de intensidade e velocidade de propagação observa-se que, embora a maior parte do território esteja claramente fora da capacidade de ataque efectivo, existem factores físicos que fazem alterar a dinâmica de progressão das frentes de fogo.

As encostas a sotavento são zonas em que “naturalmente” as frentes tendem a perder energia pelo que deverão ser aproveitadas para instalar infra-estruturas de supressão de incêndios (fig. 7 e 8).

A observação dos caminhos preferenciais de fogo sobre o MDT (modelo digital de terreno) permite concluir que

os eixos tendem a um alinhamento com a direcção do vento e as zonas de maior cota, naturalmente, onde a velocidade de vento é mais intensa (fig. 9).

Os “nós” de divergência de eixos de propagação são, por assim dizer, zonas críticas de expansão de um hipotético incêndio, que devem ser alvo de intervenções de silvicultura preventiva ou outras formas de gestão de combustíveis como medidas de prevenção.

A demonstração dos pontos de cota como zona a submeter a gestão de combustíveis reforça de alguma forma o mapa de pontos críticos construído sob as técnicas de CPS.

A localização geográfica das potenciais zonas estratégicas de gestão de combustíveis calculada pelo sistema *FlamMap3* resulta, como nas sínteses anteriores, na interacção entre a orografia, combustíveis e meteorologia. O *output* consiste numa ferramenta valiosa de ajuda na tomada de decisão quanto à instalação deste tipo de infra-estruturas. São identificadas espacialmente zonas que devido à conjugação da orografia e do vento ficam em contravento e fogo descendente, locais onde um incêndio altera o seu comportamento diminuindo de intensidade e proporcionando oportunidades de actuação às equipas de supressão (fig. 10).

Por outro lado, as áreas não foram utilizadas directamente como pontos de gestão estratégicos. A sua concepção apresenta algumas limitações inerentes ao próprio sistema. Por exemplo, não identifica as potenciais zonas de salto de fogo. A fim de conferir um enquadramento mais estruturante ao nível da paisagem, optou-se por harmonizar este *output* com faixas de

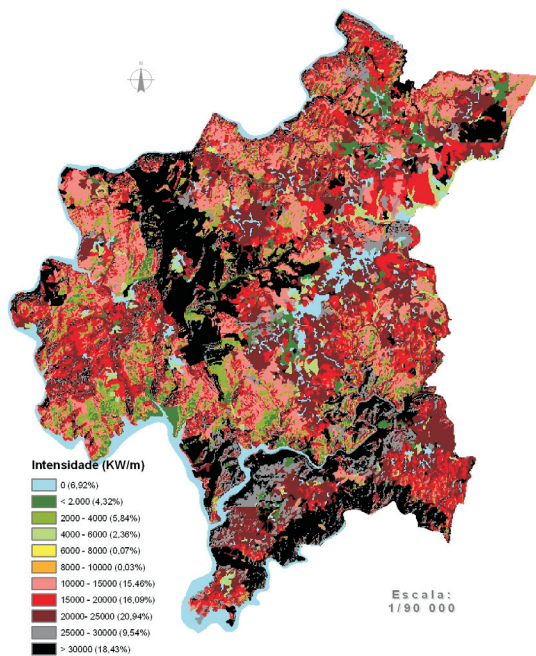


Fig. 7 - Mapa de intensidade de frente de fogo.

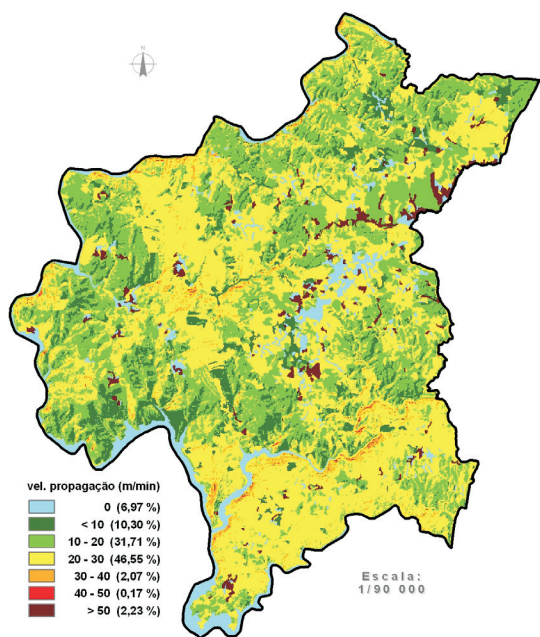


Fig. 8 - Mapa de velocidade de propagação.

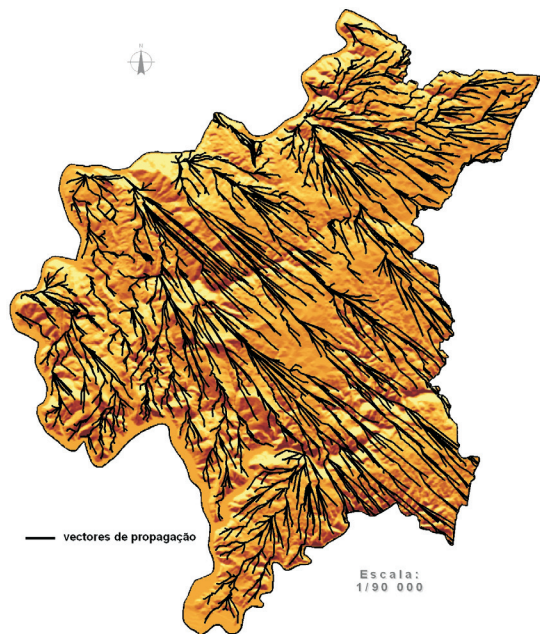


Fig. 9 - Mapa dos principais eixos de propagação de fogo.

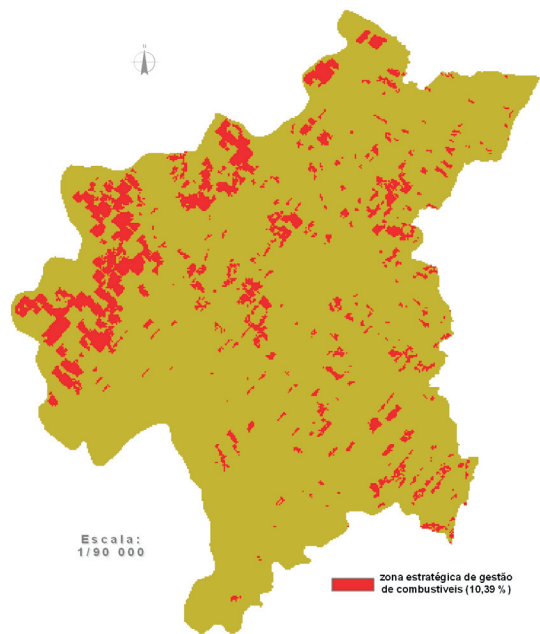


Fig. 10 - Mapa das zonas estratégicas de gestão de combustíveis.

desaceleração e rede viária e concentrar os trabalhos nessas áreas. A solução surge pela conjugação de outros *softwares* e outras técnicas que permitem ultrapassar essas dificuldades.

O sistema *BehavePlus3*, embora opere apenas em bases de cálculo alfanumérico, apresenta a enorme vantagem de permitir “manipular” de uma forma isolada e pontual cada um dos dados que contribuem para o resultado final.

O sistema disponibiliza ferramentas com capacidade de cálculo de distâncias de potenciais saltos de fogo em função de alguns parâmetros de simulação. Com base nos parâmetros testados foram desenvolvidas diversas simulações, afim de identificar a melhor localização de rede viária, de forma a aumentar a eficácia no controle de fogos secundários segundo os principais vectores de propagação (fig. 11).

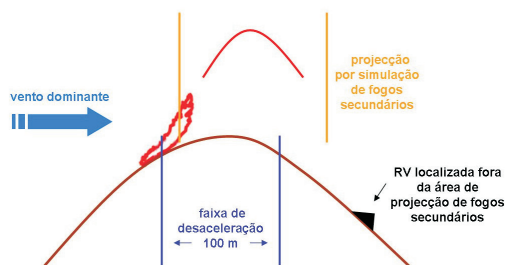


Fig. 11 - Modelo de infra-estruturas para supressão de incêndios conduzidos por ventos (desenho de H. Saturnino).

Nos *outputs* pode observar-se que, para simulações cujos modelos de combustíveis foram EUC-03 e PPIN-04 (modelos com carga de combustível considerável) instalados em zonas de cumeeada, quando submetidos a ventos na ordem dos 25 Km/h, as potenciais distâncias de salto do fogo situam-se nos 700 m, em povoamentos de produção de eucalipto (densidades acima das 1200 árv./ha) e nos 600 m para povoamentos de regeneração natural de pinheiro bravo. Os resultados são idênticos para povoamentos degradados e matos altos (QUADRO IV).

QUADRO IV - *Outputs* do modelo EUC-03 e PPIN-04

EUC-03	Slope	ROS	Heat per	Fireline	Flame	Torch Tree
	percent	(max) m/min	Unit Area kJ/m ²	Intensity kW/m	Length m	Spot Dist km
10	13.8	26658	6138	4.3	0.7	
15	14.0	26658	6228	4.3	0.7	
20	14.3	26658	6354	4.3	0.7	
25	14.7	26658	6515	4.4	0.7	
30	15.1	26658	6713	4.5	0.7	
35	15.6	26658	6946	4.5	0.7	
40	16.2	26658	7216	4.6	0.7	
45	16.9	26658	7521	4.7	0.7	
50	17.7	26658	7862	4.8	0.7	

PPIN-04	Slope	ROS	Heat per	Fireline	Flame	Torch Tree
	percent	(max) m/min	Unit Area kJ/m ²	Intensity kW/m	Length m	Spot Dist km
10	29.4	25740	12602	6.0	0.6	
15	29.7	25740	12735	6.0	0.6	
20	30.1	25740	12921	6.0	0.6	
25	30.7	25740	13160	6.1	0.6	
30	31.4	25740	13452	6.1	0.6	
35	32.2	25740	13798	6.2	0.6	
40	33.1	25740	14196	6.3	0.6	
45	34.1	25740	14647	6.4	0.6	
50	35.3	25740	15152	6.5	0.6	

Se as mesmas zonas de cumeeada forem submetidas a tratamento de combustíveis e redução de densidades (densidade em função da altura e projecção de copa), a emissão de fogos secundários desce para valores na ordem dos 300 m (QUADRO V).

Proposta de instalação de infra-estruturas

As propostas de zonas de gestão de combustíveis e rede viária, numa perspectiva de sustentabilidade, pretendem

Quadro V - *Outputs* do modelo PPIN-05 e FOLC-01

PPIN-05	Slope	ROS	Heat per	Fireline	Flame	Torch Tree
	percent	(max) m/min	Unit Area kJ/m ²	Intensity kW/m	Length m	Spot Dist km
10	2.4	9277	373	1.2	0.3	
15	2.5	9277	381	1.2	0.3	
20	2.5	9277	393	1.2	0.3	
25	2.6	9277	408	1.2	0.3	
30	2.8	9277	426	1.3	0.3	
35	2.9	9277	448	1.3	0.3	
40	3.1	9277	472	1.3	0.3	
45	3.2	9277	501	1.4	0.3	
50	3.4	9277	532	1.4	0.3	

FOLC-01	Slope	ROS	Heat per	Fireline	Flame	Torch Tree
	percent	(max) m/min	Unit Area kJ/m ²	Intensity kW/m	Length m	Spot Dist km
10	1.2	2173	44	0.4	0.3	
15	1.3	2173	45	0.4	0.3	
20	1.3	2173	47	0.5	0.3	
25	1.3	2173	48	0.5	0.3	
30	1.4	2173	50	0.5	0.3	
35	1.5	2173	53	0.5	0.3	
40	1.5	2173	56	0.5	0.3	
45	1.6	2173	59	0.5	0.3	
50	1.7	2173	63	0.5	0.3	

que exista a maior adaptação possível de áreas e vias já existentes.

Com recurso às ferramentas SIG de análise espacial (ArcGis 9.2), procedeu-se ao cruzamento entre os temas “pontos críticos”, “ocupação e uso do solo”, “caminhos preferenciais do fogo” (formato vectorial) e “oportunidades de tratamento” (*raster*). O resultado final assenta num tema de pontos críticos cujas ocupações são auto-sustentáveis (ex.: agricultura) ou cuja cobertura vegetal permita um tratamento relativamente económico (ex.: recurso ao uso do fogo controlado), somando num total de 623,42 ha, (fig. 12).

A rede de pontos críticos pretende essencialmente diminuir a velocidade de uma frente de fogo no seu eixo de máxima propagação, particularmente, em incêndios que deflagrem no interior da área de trabalho.

A rede de faixas de desaceleração, como na situação anterior, foi conseguida com base na análise espacial SIG (ArcGis 9.2), desenvolvida sobre os mapas temáticos e pressupostos resultantes das fases anteriores. A proposta assenta na definição de uma rede de faixas instaladas ao longo dos eixos de cumeeada mais ou menos perpendiculares aos principais eixos de propagação dos grandes incêndios (ventos: NW e W), tal como, incêndios do tipo topográfico que ocorram nas imediações. As faixas resultantes ocupam uma área total de 496 ha que se estendem ao longo de áreas agrícolas, florestais e de matos (fig. 12).

Simultaneamente, em paralelo às faixas de desaceleração, foi seleccionada uma rede viária de apoio à supressão de emissão de fogos secundários de acordo com os valores indicados pelo *BehavePlus3*, de 300m,

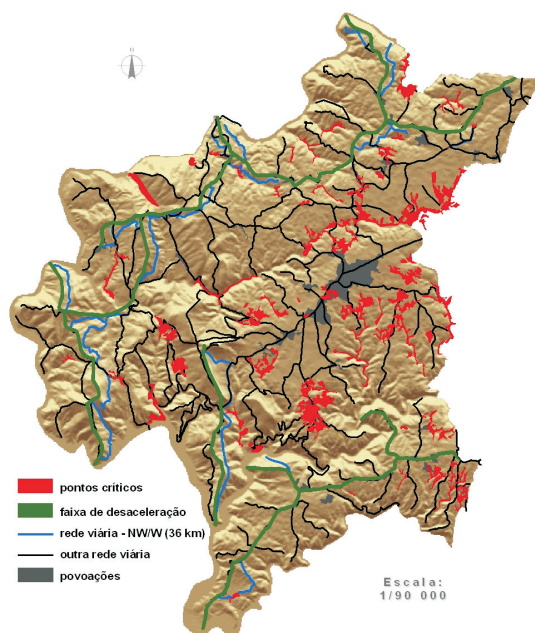


Fig. 12 - Zonas estratégicas de gestão de combustíveis.

mais metade dessa distância, ou seja até aos 450m. Os troços seleccionados tiveram como referência a rede viária existente. Consideraram-se, sempre que possível, troços rectilíneos com declives suaves, em detrimento de troços sinuosos, pois apresentam maiores vantagens no que respeita à deslocação de meios e visibilidade, entre os recursos operacionais envolvidos nas operações de supressão em ambiente de incêndio.

Uma rede viária deste tipo tem um âmbito muito localizado e específico, nomeadamente nas encostas a sotavento dos ventos dominantes, que decorrem durante a época estival. A função dominante dos troços de rede viária seleccionados é o estabelecimento de linhas de ancoragem para fogos descendentes e contra o vento.

Considerações finais

O estudo do histórico de incêndios no local permite concluir que um pequeno número de incêndios, em comparação com o vasto número de ignições registadas durante a época estival, é responsável por percorrer milhares de hectares. Por outro lado, um incêndio de grandes dimensões é o resultado da interacção mais ou menos complexa de um vasto conjunto de fenómenos naturais, incrivelmente “eficaz”.

A metodologia utilizada, recorrendo aos sistemas de informação geográfica e sistemas de modelação de incêndios florestais, permite apoiar a decisão na localização de infra-estruturas de apoio à prevenção e supressão de grandes incêndios.

As análises desenvolvidas em *Farsite4* confirmaram que os incêndios com maior área percorrida tiveram uma forte

componente associada a ventos do quadrante NW, com velocidades na ordem do 20 a 25 km/h, fora do ambiente de fogo, em anos particularmente secos. Os resultados em *FlamMap3* demonstraram que, perante incêndios com características idênticas aos estudados, cerca de 85 % do território não possibilita um ataque com equipamentos convencionais de supressão de incêndios florestais

Através do sistema *BehavePlus3* concluiu-se que, em zonas de cumeada, com elevada densidade de combustíveis e com ventos na ordem dos 25 km/h, as potenciais distâncias de salto do fogo situam-se entre os 600 e 700 metros. Se as mesmas zonas forem submetidas a gestão de combustíveis e redução de densidades, a projecção de fogos secundários reduz-se para valores na ordem dos 300 metros.

Ao nível da infra-estruturação do território, os resultados obtidos permitem apoiar a decisão na definição de locais estratégicos para a gestão de combustíveis e de implantação da rede viária segundo as suas principais funções.

Não obstante, a adopção deste género de infra-estruturas de prevenção estrutural implica uma gestão mais ou menos constante de cerca de 1100 ha de áreas com potencial agrícola e florestal.

Referências bibliográficas

- CASTELLÀ, J.P. E ALMIRALL, R.B. (2005) - *Pla de Prevenció d'Incendis Forestals del Perímetre de Protecció Prioritària les Gavarres*. Departament de Medi Ambient i Habitatge, Catalunya, 152 p.
- COLIN, P.; JAPPIOT, M.; MARIEL, A. (2001) - *Protection des forêts contre l'incendie*. Roma, Fao e Cemagref, 149 p.
- CRUZ, M. G. (2005) - *Guia Fotográfico para Identificação de Combustíveis Florestais - Região Centro de Portugal*. Coimbra, Centro de Estudos sobre Incêndios Florestais, 38 p.
- MUÑOZ, R. V. et al. (2000) - *La Defensa Contra Incendios Forestales, Fundamentos y experiencias*. Madrid, Ediciones McGRAW-HILL.
- RIGOLOT, È. E COSTA, M. (2000) - *Conception des coupures de combustible*, n.º 4. Paris, Éditions de la Cardère, 154 p.
- STRATTON, R. D. (2004) - “Assessing the effectiveness of landscape fuel treatments on fire growth and behaviour”. *Journal of Forestry*, p. 32 - 40.
- TERRADEBOSC, S. L. (s/d) - *Dinàmica i Règim D'Incendis per al Parc Natural del Cadi-Moixeró - Propostes Per a la Gestió de Focs*. Parc de Cadi-Moixeró. Departament de Medi Ambient i Habitatge, Catalunya, 139 p.