

MESTRADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO

UNIDADE CURRICULAR: ANÁLISE ESPACIAL APLICADA AO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO

O RISCO DE INCÊNDIO RURAL NO DISTRITO DE COIMBRA: AS DINÂMICAS TERRITORIAIS QUE ESTÃO NA SUA ORIGEM

Ângela Silva

2020



Resumo

Os incêndios são um problema crescente no continente europeu, sobretudo nos países do mediterrâneo. A mutação de um conjunto de aspetos com impacto territorial (população, ocupação do solo, opções económicas, decisões políticas), influenciam a recorrência, localização e causa dos incêndios, para além da dimensão de área ardida e danos causados.

Em Portugal, há situações de incêndios extremos como os de Monchique (2003), Arouca (2005 e 2016), Picões (2013) e incêndios do Centro de Portugal (2017), onde se insere o distrito de Coimbra, caso de estudo neste trabalho. Para este estudo foram utilizados dados cartográficos das bases de dados dos incêndios do Instituto de Conservação da Natureza e Floresta (ICNF) e do Instituto Superior de Agronomia (ISA). Também foram utilizados dados da Direção Geral do Território (DGT), Instituto Nacional de Estatística (INE) e Open Street Map para a produção da carta de risco através do método analítico hierárquico.

A análise dos incêndios no distrito de Coimbra, compreendida entre os anos de 1975 e 2019, mostra que arderam 384 807 ha. O ano de 2017 destacou-se pela dimensão da área ardida com 115 542 ha afetados, cujos incêndios ocorridos foram considerados extremos, com grandes impactos económico-sociais. A maior parte do distrito de Coimbra apresenta risco de incêndio rural elevado (36%) e muito elevado (32%), o que aumenta a vulnerabilidade dos cidadãos, que não estão preparados para agir perante a ocorrência destes eventos. É, portanto, necessário encontrar soluções que minimizem o risco de incêndio para que as comunidades não estejam diretamente dependentes de ajuda externa. Algumas soluções passarão pela adoção de uma abordagem inovadora e voltada para o futuro da gestão de incêndios rurais na escala do território, definição de melhores políticas de planeamento e gestão, realização de estudos para a avaliação da vulnerabilidade das comunidades, e identificação das fragilidades dos modelos comunicativos e melhoria das estratégias de comunicação do risco.

Palavras-Chave: Risco de incêndio; Incêndios extremos; Coimbra

Índice

1. Os Incêndios rurais como risco natural.....	4
2. Os Incêndios rurais no território português.....	5
3. Os limites da atual política de gestão dos incêndios rurais	6
4. Objetivos e metodologia	6
4.1 Objetivos	6
4.2 Metodologia	7
5. Caracterização da área de estudo	12
5.1 Localização geográfica.....	12
5.2 População	13
5.3 Ocupação do solo	16
6. Resultados e Discussão	17
6.1 A incidência dos incêndios rurais no distrito de Coimbra.....	17
6.2 O risco de incêndio no distrito de Coimbra.....	20
6.3 Medidas de prevenção aos incêndios rurais.....	24
7. Conclusão	26
Referências Bibliográficas	26

1. Os Incêndios rurais como risco natural

O fogo é um componente natural dos ecossistemas (Ghermandi, Beletsky, de Torres Curth, & Oddi, 2016, p. 37; McCaffrey & Olsen, 2012; Prior & Eriksen, 2013). O Homem sempre o utilizou para diversos fins: defesa, desflorestação, no controlo da vegetação e na renovação de pastagens; instrumento de manifestação de descontentamento, arma de resistência e como técnica em conflitos militares, sobretudo em períodos de instabilidade política e social (Magalhães, 2018). Contudo, a utilização antrópica descuidada e a pressão exercida sobre o sistema Natural tornou os territórios suscetíveis ao perigo de incêndio (Moreira et al., 2011), alterou o regime natural do fogo fazendo dele uma ameaça para a continuidade ecológica de alguns serviços prestados pelos ecossistemas (F. J. M. Correia, 2017; Ghermandi et al., 2016; McCaffrey & Olsen, 2012; Prior & Eriksen, 2013) e para o ser humano.

O estudo dos incêndios remete à primeira metade do século XX; foi nas escolas de Nancy (França) e Tharandt (Alemanha) que se iniciou o seu estudo (F. J. M. Correia, 2017). No que se refere ao risco inerente, “a terminologia de risco é utilizada não como a probabilidade de ocorrência de incêndio florestal, mas sim no potencial que este poderá ter para prejudicar a sociedade” (Magalhães, 2018, p. 27). É a probabilidade de perda relacionada com a perigosidade e vulnerabilidade (Magalhães, 2018). Embora seja considerado um risco natural, o facto das causas dos incêndios rurais serem quase na totalidade humanas, por vezes impulsionadas por questões socioeconómicas (de Torres Curth, Biscayart, Ghermandi, & Pfister, 2012; Dondo, de Torres Curth, & Garibaldi, 2013), associam-no a um risco natural ou misto (Lourenço, 2006).

A manifestação do fogo (chama, radiação, fumo e projeções) é sempre igual, mas o comportamento do fogo é variável, depende da quantidade e características do combustível e das condições climáticas e meteorológicas que favorecem a propagação (F. J. M. Correia, 2017). Deste modo, é importante ter em consideração o comportamento dos incêndios (intensidade, velocidade de propagação, frequência e distância das projeções) (Magalhães, 2018), num cenário em que o risco de incêndio tende a aumentar. Ele é resultado não só da frequência de ignições, mas essencialmente dos comportamentos extremos do fogo que dificultam a capacidade de extinção (F. J. M. Correia, 2017; Fantina Tedim, Leone, et al., 2018). Fatores como alterações do uso do solo (Marchi et al., 2018) impulsionadas pelo abandono do espaço agrícola (Falcucci, Maiorano, & Boitani, 2007) e o surgimento de povoamentos florestais contínuos e homogêneos (Moreira et al., 2011) também contribuem para o aumento do risco de incêndio (Ferrara, Carlucci, Grigoriadis, Corona, & Salvati, 2017; Salvati & Ranalli, 2015). Por outro lado, o aumento da fixação de pessoas nas áreas de interface tornou o risco de incêndio mais

preocupante, sobretudo nestas áreas (Fantina Tedim, Royé, Bouillon, Correia, & Leone, 2018). É aqui que ocorrem a maioria das fontes de ignição (Chas-Amil, Touza, & García-Martínez, 2013) e onde existem os maiores problemas para as comunidades (Alexandre et al., 2016; Cohen, 2000; Gill, Stephens, & Cary, 2013) com possibilidade de ocorrerem danos elevados (Caballero, 2004). Deste modo, os incêndios assumem-se cada vez mais como um problema social (Tedim et al., 2018) e que tem uma rápida capacidade de alterar as paisagens rurais (F. J. M. Correia, 2017).

2. Os Incêndios rurais no território português

Na Europa o problema dos incêndios está a aumentar, sobretudo nos países do mediterrâneo com sucessivos anos em que a barreira dos 0,5 milhões de hectares de área ardida é atingida (Schmuck et al., 2011). Uma das explicações passa pela desajustada interação Homem-Meio que busca excessivamente serviços de produção e causa grandes desequilíbrios no funcionamento dos ecossistemas (F. J. M. Correia, 2017).

A floresta, em Portugal, constitui-se como um recurso essencial com forte importância na balança comercial; representa 10% das exportações (Magalhães, 2018), contudo Portugal é dos países Europeus mais afetados por incêndios. Nas últimas décadas tem-se registado um aumento da ocorrência de incêndios (F. Correia, 2019). A incidência média anual é de 3% da área florestal (Mateus & Fernandes, 2014). Tem o maior número de ignições e maior extensão de área ardida da Europa (Tab.1) (San-Miguel-Ayán et al., 2016).

Tabela 1: Número de incêndios e área ardida (ha), em 2015 e 2016, nos países do sul da Europa.

País	Número de Incêndios		Área Ardida (ha)	
	2015	2016	2015	2016
Portugal	15851	13261	64443	161522
Espanha	11928	8817	103200	165817
França	4440	4285	11160	16093
Itália	5442	4793	41511	47926
Grécia	510	777	7096	26540
Total	38171	31751	227410	316866

Fonte: (San-Miguel-Ayán et al., 2016)

Segundo (Fantina Tedim, Remelgado, Borges, Carvalho, & Martins, 2013), ano após ano, as situações de incêndios extremos surgem no território nacional. Exemplo desses casos são os incêndios de Monchique (2003); Arouca (2005 e 2016); Picões (2013); Pedrógão Grande e Sertão (2017). No ano de 2017, considerado o mais catastrófico até à atualidade, houve cerca de 500

mil ha afetados e mais de 100 mortos (F. Correia, 2019). Estes incêndios trazem consequências socio ecológicas que muitas vezes são irreversíveis (i.e. perdas humanas) e provocam impactos negativos preocupantes a nível ecológico, social e económico (F. Correia, 2019; F. J. M. Correia, 2017).

3. Os limites da atual política de gestão dos incêndios rurais

A política de gestão dos incêndios rurais não está delineada num só documento, encontra-se dispersa por diversos diplomas (Magalhães, 2018). Contudo, o Plano Nacional de Defesa da Floresta contra Incêndios (PNDFCI) constitui-se como um documento estruturante na gestão do risco de incêndio (F. J. M. Correia, 2017; Magalhães, 2018). Este plano surgiu da necessidade de alterar as condições que levaram à ocorrência de incêndios extremos e catastróficos nos anos de 2003 e 2005 (F. J. M. Correia, 2017; Magalhães, 2018). Foi publicado em 2006 pela Resolução do Conselho de Ministros nº65/2006 (Diário da República nº102/2006, série I-B de 2006-05-26). No PNDFCI são considerados cinco eixos estratégicos de intervenção: 1) aumento da resiliência do território aos incêndios florestais; 2) redução da incidência dos incêndios; 3) melhoria da eficácia do ataque e da gestão dos incêndios; 4) recuperar e reabilitar os ecossistemas; e 5) adaptação de uma estrutura orgânica e funcional eficaz (ISA, 2006). Os objetivos deste plano passam pela redução de área ardida em termos de superfície florestal para menos de 100 000 ha/ano, eliminar grandes incêndios, redução das ocorrências com área superior a 1 ha e redução dos reacendimentos (ISA, 2006).

Este plano revelou-se incoerente, e evidenciou a necessidade de um equilíbrio entre o combate e a prevenção (ICNF, 2014). O atual paradigma na orientação política da gestão dos incêndios não é sustentável, pelo que os incêndios extremos acontecem cada vez com mais frequência (Fantina Tedim & Leone, 2017; F Tedim, Leone, & Xanthopoulos, 2015). Uma vez que não é possível minimizar o problema dos incêndios rurais com a atual política instaurada, importa dar atenção à interação entre os sistemas Humano e Natural (Correia, 2017). Importa mudar de paradigma na gestão dos incêndios florestais, no sentido de “coexistir com o fogo” (Moritz et al., 2014; Fantina Tedim & Leone, 2017).

4. Objetivos e metodologia

4.1 Objetivos

Portugal insere-se na região mediterrânica onde os incêndios são um problema crescente. Destaca-se o ano de 2017 com ocorrência de incêndios extremos, pelo que a zona centro do país

foi a mais afetada, sobretudo os distritos de Coimbra, Castelo Branco e Leiria. Ainda assim, o distrito de Coimbra é o que apresenta maior volume de concelhos afetado pelos incêndios de junho e outubro de 2017. Nesse sentido, o objetivo principal deste trabalho é: conhecer e analisar o risco de incêndio no distrito de Coimbra.

Para a sua concretização foram definidos os seguintes objetivos específicos:

1. Perceber as tendências da ocorrência dos incêndios rurais no distrito de Coimbra;
2. Analisar os incêndios ocorridos no ano de 2017 no distrito e quais os concelhos mais afetados;
3. Elaborar uma análise descritiva do distrito tendo em consideração técnicas e métodos de análise espacial;
4. Analisar variáveis que podem potenciar o risco de ignição, propagação e controlo do fogo;
5. Realização da carta de risco de incêndio para o distrito de Coimbra, através do método analítico hierárquico.

4.2 Metodologia

A realização do trabalho obrigou à adoção de diversas metodologias. Inicialmente foi feita a escolha da área de estudo, o distrito de Coimbra. A escolha deste distrito deveu-se essencialmente às características climáticas desta região, que são tanto das mais húmidas, sentidas a Noroeste, como das mais secas, sentidas a Sul, o que tem influência na quantidade e tipo de vegetação (Pyne, 1984), combustível que alimenta os incêndios (Bernardino, Lourenço, & Gonçalves, 2013). Além disso, este foi o distrito com maior número de concelhos afetados pelos incêndios de junho e outubro de 2017, o que demonstra que é uma das áreas do país com maior risco para a ocorrência de incêndios rurais. Posteriormente, foi feita uma recolha bibliográfica sobre as principais temáticas abordadas, nomeadamente sobre os incêndios enquanto risco, a ocorrência de incêndios em Portugal e a atual política de gestão dos incêndios rurais. Também foi feita a recolha de dados secundários em bases de dados cartográficas e estatísticas.

Recolha de dados:

- ✓ Instituto de Conservação da Natureza e Florestas (ICNF), base estatística e cartográfica da ocorrência de incêndios entre 1990 e 2017;
- ✓ Instituto Superior de Agronomia (ISA) para obter cartografia dos incêndios com 35 ou mais ha no período entre 1975 e 1989;

- ✓ Instituto Nacional de Estatística (INE), para obtenção da Base Geográfica de Referenciação de Informação (BGRI) relativa aos CENSOS 2011, nomeadamente o número de indivíduos residentes por concelho e subsecção;
- ✓ Direção Geral do Território para obter a carta Administrativa de Portugal (CAOP) e a Carta de Ocupação do Solo de 2018 (COS 2018);
- ✓ Earth Observation Research Center (EORC)/ Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) para obtenção do Modelo Digital de Elevação ALOS com resolução de 30 metros;
- ✓ Base de dados do Open Street Map, para obtenção da rede viária.

Processamento de dados e apresentação de resultados

As técnicas de processamento de dados foram diversificadas. Os dados quantitativos foram sujeitos a uma análise estatística com recurso à ferramenta Excel e às tabelas de atributos das bases cartográficas. Os dados cartográficos foram analisados com recurso aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), com base na ferramenta ArcGis (ArcMap 10.7.1).

A análise descritiva do distrito foi feita através de um conjunto de variáveis com recurso a ferramentas do *Spatial Statistics Tools (ArcTool Box)*: concelho mais central do distrito (*central feature*); centro geográfico do distrito tendo em consideração a área e o número de indivíduos residentes (*mean center*); análise do padrão de distribuição da densidade populacional (*Spatial Autocorrelation- Morans I*); e análise Hot Spot dos pontos de ignição (*Hot Spot Analysis*). Outras análises também foram realizadas tendo em consideração outros comandos disponíveis no ArcMap: cálculo da área do distrito em km², das áreas das diferentes ocupações do solo e área ardida em hectares (*Calculate Geometry - Area- Square Kilometers/hectares*); Cálculo da densidade populacional (*Field Calculator - Area/número indivíduos*); e seleção do número de ocorrências/ignições em espaços florestais (*Select by Location*).

Foi realizado um conjunto de mapas para a área de estudo: i) mapa da ocupação do solo (COS 2018), foi feito um *clip* na ferramenta *Geoprocessing* à shapefile original da DGT pelo distrito e foi considerada na análise o nível 1 e 5 da COS 2018. Para se poder distinguir as subcategorias dos diferentes níveis foi-se às propriedades da shapefile, em *Symbology* e em *category* selecionou-se o nível 1 e o nível 5; ii) mapa da área ardida, foi realizado um *clip* às áreas ardidas pelo distrito de Coimbra e, posteriormente, foi feito um *Union* na ferramenta *Geoprocessing* de todos os clips realizados, que forneceu toda a área alguma vez ardida no distrito e a que nunca ardeu; iii) mapa dos pontos de ignição, através da base estatística do ICNF com as coordenadas das ocorrências foi feito um *display xy* que permitiu posicionar cada uma das ocorrências no mapa.

Para a análise do risco de incêndio no distrito, foi realizada a carta de risco, elemento base do trabalho de elevada complexidade. A sua elaboração teve em consideração uma análise multicritério considerando o método analítico hierárquico.

Em primeiro lugar, foram selecionadas as variáveis que podem potenciar o risco de ignição, de propagação e de controlo do fogo. Neste estudo, em específico, foram selecionadas 6 variáveis que estão classificadas, quanto à sua natureza, em dois grupos distintos: físicas (ocupação do solo, declives e exposição de vertentes) e sociais (densidade populacional e rede viária). A ocupação do solo é considerada uma das variáveis cruciais para a avaliação do risco de incêndio, uma vez que o combustível pode influenciar o regime de fogo e a severidade ecológica (F. J. M. Correia, 2017; Freire, Carrão, & Caetano, 2002). Os declives e exposição de vertentes são outros dois fatores importantes, face ao impacto que têm no tipo de coberto vegetal e na pluviosidade; na velocidade de propagação do fogo; e na insolação e secura dos combustíveis. Declives mais acentuados aceleram a propagação do fogo e encostas expostas a Sul e Sudoeste recebem maior insolação o que faz com que se atingem temperaturas mais elevadas, o que reduz o teor de humidade (Antunes, Viegas, & Mendes, 2011; Freire et al., 2002). A rede viária é também um fator preponderante na medida em que pode atuar como barreira à progressão do fogo, bem como pode contribuir para uma maior incidência dos incêndios, face à maior concentração de atividade humana que origina (grandes incêndios, produção). A população é o elemento mais vulnerável dentro dos elementos expostos ao risco (Paton & Tedim, 2012; Fantina Tedim, 2013). Considerou-se a métrica da densidade populacional na carta de risco, pois territórios com maior densidade populacional e inseridos numa paisagem rural implicam que os meios de socorro tenham de ter uma estratégia para abranger maior número de população e salvaguardá-la em caso de materialização do perigo (Magalhães, 2018).

Em segundo lugar, foram normalizadas as variáveis numa escala entre 0 e 1: i) na ocupação do solo, transformou-se a shapefile em formato raster e foi adicionado um campo para determinar o peso de cada classe da ocupação do solo com valores entre 0 e 1. Nos territórios artificializados foi considerado o peso de 0,2; na agricultura, 0,6; nas pastagens 0,6; nas culturas temporárias, 0,5; nas superfícies agroflorestais 0,8; nas florestas 1; nos matos 1; os espaços descobertos ou com pouca vegetação 0,6; as zonas húmidas 0,4; e as massas de água superficiais 0. Para a normalização, no *3D Analyst* em *Raster Reclass* fez-se um *Lookup*, considerando o campo adicionado; ii) os declives, obtidos através do MDE ALOS (*3D Analyst Tools – Raster surface – Slope*), foram normalizados através da ferramenta *Fuzzy Membership*, considerando o *Membership type linear*; iii) na exposição de vertentes, obtida através do MDE ALOS (*3D Analyst Tools – Raster surface – Aspect*), foi adicionado um campo de modo a definir o peso de cada uma das orientações. Nas exposições a Este foi considerado um peso de 0,6; a Sul 1; a Sudoeste

0,8; a Sudeste 0,8; a Oeste 0,6; a Norte 0,2; a Nordeste 0,4; a Noroeste 0,4; e no Plano 0. No *3D Analyst* em *Raster Reclass* fez-se um *Lookup*, considerando o campo adicionado; iv) na rede viária, foi considerada a densidade da rede e a distância à mesma. Para obtenção da densidade da rede viária foi feita a densidade de Kernel (*Spatial Analyst Tools – Density – Kernel Density*). Posteriormente, procedeu-se à normalização através da ferramenta *Fuzzy Membership*, considerando o *Membership type linear*. Para a obtenção da distância à rede viária foi feita a distância Euclideana (*Spatial Analyst Tools – Distance – Euclidean Distance*); v) na densidade populacional, transformou-se a shapefile em formato raster e, posteriormente, procedeu-se à normalização através da ferramenta *Fuzzy Membership*, considerando o *Membership type Gaussian* com um *Midpoint* de 10.

Em terceiro lugar, foi determinado o peso de cada fator através de uma matriz de comparação que, posteriormente, resultou numa matriz normalizada:

N = 6

Matriz de comparação (A)

CRITÉRIOS	dec	densv	distvias	usolo	densp	expo
Declives (dec)	1,00	10,00	5,00	0,50	3,33	1,25
Densidade vias (densv)	0,10	1,00	2,50	0,20	1,11	0,50
Distância vias (distvias)	0,20	0,40	1,00	0,14	5,00	0,50
Uso solo (usolo)	2,00	5,00	7,00	1,00	10,00	2,50
Densidade populacional (densp)	0,30	0,90	0,20	0,10	1,00	0,20
Exposição vertentes (expo)	0,80	2,00	2,00	0,40	5,00	1,00
Soma	4,40	19,30	17,70	2,34	25,44	5,95

Matriz normalizada

	dec	densv	distvias	usolo	densp	expo	Produto	VP (w)
Declives (dec)	0,23	0,52	0,28	0,21	0,13	0,21	0,24	0,26
Densidade vias (densv)	0,02	0,05	0,14	0,09	0,04	0,08	0,06	0,07
Distância vias (distvias)	0,05	0,02	0,06	0,06	0,20	0,08	0,06	0,07
Uso solo (usolo)	0,45	0,26	0,40	0,43	0,39	0,42	0,39	0,41
Densidade populacional (densp)	0,07	0,05	0,01	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04
Exposição de vertentes (expo)	0,18	0,10	0,11	0,17	0,20	0,17	0,15	0,16
Soma	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,94	1,00

W' = AW

0,25741	0,65307	0,32807	0,20598	0,12670	0,20212	1,77336
0,02574	0,06531	0,16404	0,08239	0,04223	0,08085	0,46056
0,05148	0,02612	0,06561	0,05885	0,19006	0,08085	0,47298
0,51483	0,32653	0,45930	0,41195	0,38011	0,40425	2,49698
0,07722	0,05878	0,01312	0,04120	0,03801	0,03234	0,26067
0,20593	0,13061	0,13123	0,16478	0,19006	0,16170	0,98431

N	RI	N	RI	N	RI
1	0,00	6	1,24	11	1,51
2	0,00	7	1,32	12	1,48
3	0,58	8	1,41	13	1,56
4	0,90	9	1,45	14	1,57
5	1,12	10	1,49	15	1,59

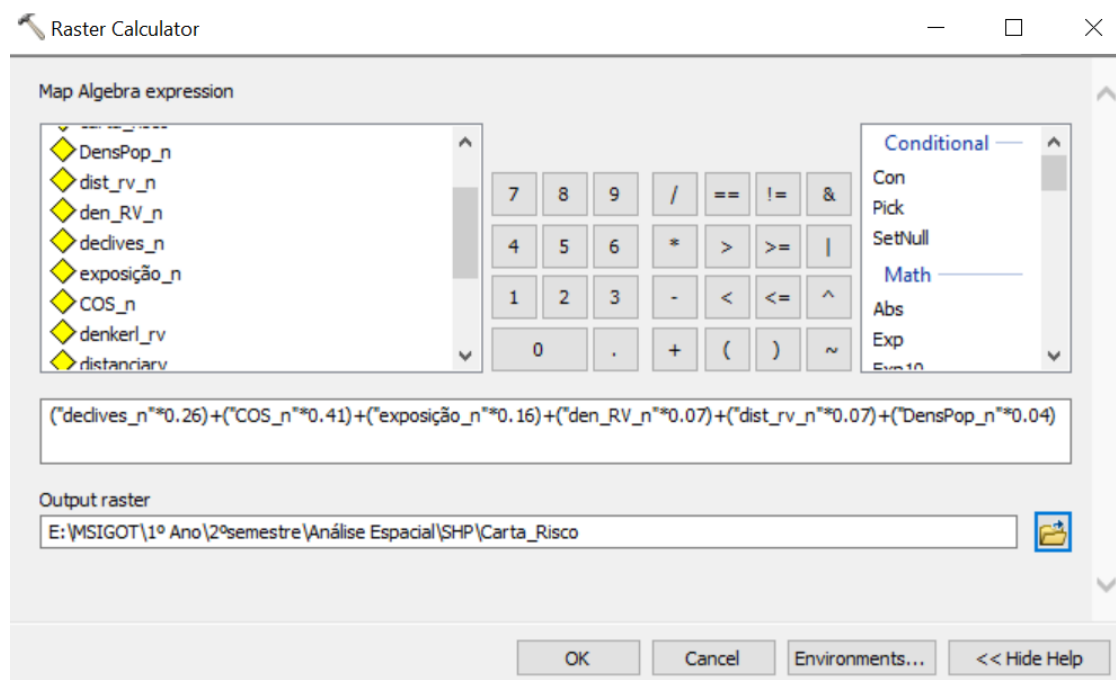
6,88915
7,05222
7,20844
6,06129
6,85767
6,08731
Total 40,15609
Máximo valor próprio 6,69268

Máximo valor próprio	6,69268
Índice de Consistência (CI)	0,138536
Índice aleatório de Consistência (R)	1,24
Rácio de Consistência (CR)	0,111723
Rácio de Consistência (em %)	11,17229

$$W' = AW \quad A = \begin{bmatrix} 1.1 & 1.2 & 1.3 & 1.4 \\ 2.1 & 2.2 & 2.3 & 2.4 \\ 3.1 & 3.2 & 3.3 & 3.4 \\ 4.1 & 4.2 & 4.3 & 4.4 \end{bmatrix}$$

$$w = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} \quad w' = \begin{bmatrix} 1.1 \times a + 1.2 \times b + 1.3 \times c + 1.4 \times d \\ 2.1 \times a + 2.2 \times b + 2.3 \times c + 2.4 \times d \\ 3.1 \times a + 3.2 \times b + 3.3 \times c + 3.4 \times d \\ 4.1 \times a + 4.2 \times b + 4.3 \times c + 4.4 \times d \end{bmatrix}$$

Por fim, as variáveis foram agregadas em *Spatial Analyst Tools – Map Algebra – Raster Calculator*:



Após a elaboração da carta de risco foi feita uma análise estatística, nomeadamente sobre as áreas classificadas com risco de incêndio elevado e muito elevado: i) Foi calculada a área do distrito com risco de incêndio muito elevado ($>0,7$). A carta de risco foi reclassificada em 5 classes, e posteriormente, no raster calculator procedeu-se à extração da classe correspondente ao risco muito elevado. Para obtenção da área utilizou-se o *Zonal Statistics (Spatial Analyst Tools – Zonal – Zonal Statistics as Table)*; ii) Foi calculado o número de habitantes abrangidos por áreas de risco muito elevado. A área classificada com risco de incêndio muito elevada foi transformada em formato vetorial (*Conversion Tool – From Raster – Raster To Polygon*) e, posteriormente fez-se um clip do número de habitantes residentes no distrito por essa área; iii) Foi calculada a percentagem de área ardida (ano 2017) que se sobrepunha às áreas de maior risco, através de um *clip* das áreas ardidas em 2017 pela área de risco muito elevado. Por fim, na tabela de atributos foi calculada a área em ha e a percentagem; iv) Foi calculado o orçamento para a limpeza dos terrenos do distrito através de um *buffer*, considerando apenas 100 metros da área envolvente dos aglomerados urbanos e 10 metros das estradas. Posteriormente, realizou-se um merge dos buffers dos aglomerados urbanos e das estradas e na tabela de atributo calculou-se a área em ha. Por fim, multiplicou-se a área pelos preços em que varia o custo das limpezas, 350 e 1 200.

5. Caracterização da área de estudo

5.1 Localização geográfica

O distrito de Coimbra (Fig.1) é a área de estudo deste trabalho. Este integra a região Centro de Portugal Continental (Região das Beiras, Norte da Estremadura e Norte do Ribatejo). Faz fronteira a Norte com o distrito de Aveiro e de Viseu, a Este com o distrito da Guarda e Castelo Branco, a Sul com o distrito de Leiria e a Oeste com o Oceano Atlântico. Este distrito é constituído por dezassete concelhos (Arganil, Cantanhede, Coimbra, Condeixa-a-Nova, Figueira da Foz, Góis, Lousã, Mira, Miranda do Corvo, Montemor-o-Velho, Oliveira do Hospital, Pampilhosa da Serra, Penacova, Penela, Soure, Tábua e Vila Nova de Poiares) e possui uma área de 3 974 Km². O concelho mais central do distrito, tendo em consideração a área, é Vila Nova de Poiares, já o centro geográfico do distrito localiza-se na região Este do concelho de Coimbra (X: -17261,966203;Y:59576,955156); contudo, se considerarmos o numero de indivíduos residentes o centro geográfico altera-se, correspondendo ao centro do concelho de Coimbra, onde o número de indivíduos residentes é maior (143 396 indivíduos) (Fig.2).

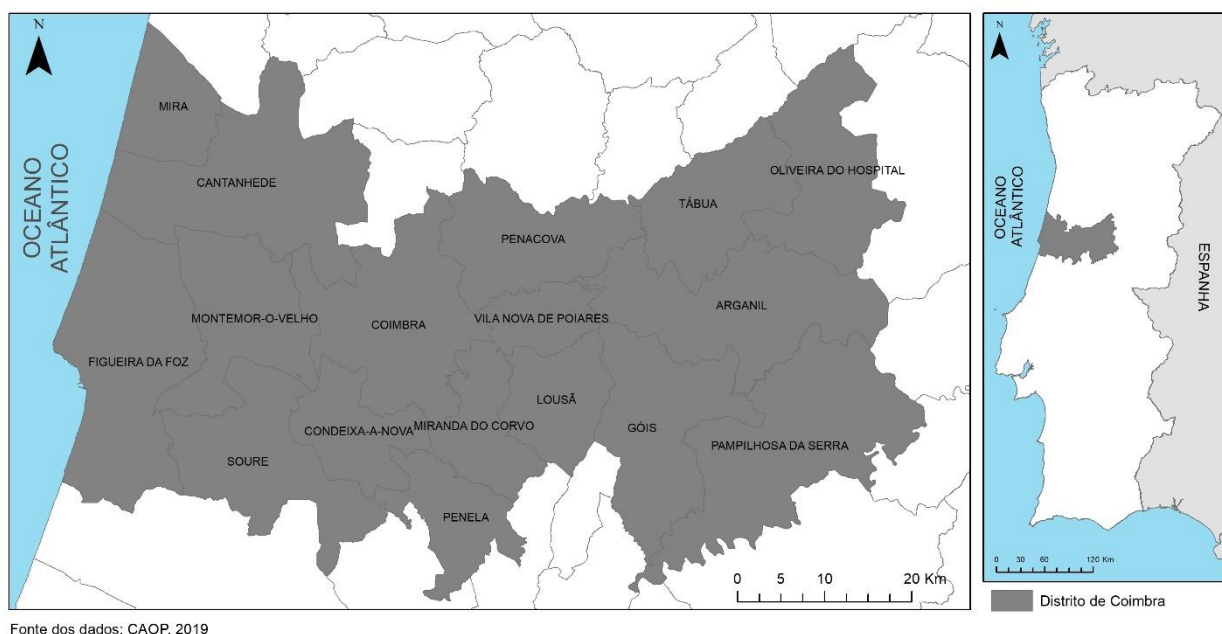


Figura 1- Localização geográfica da área de estudo.

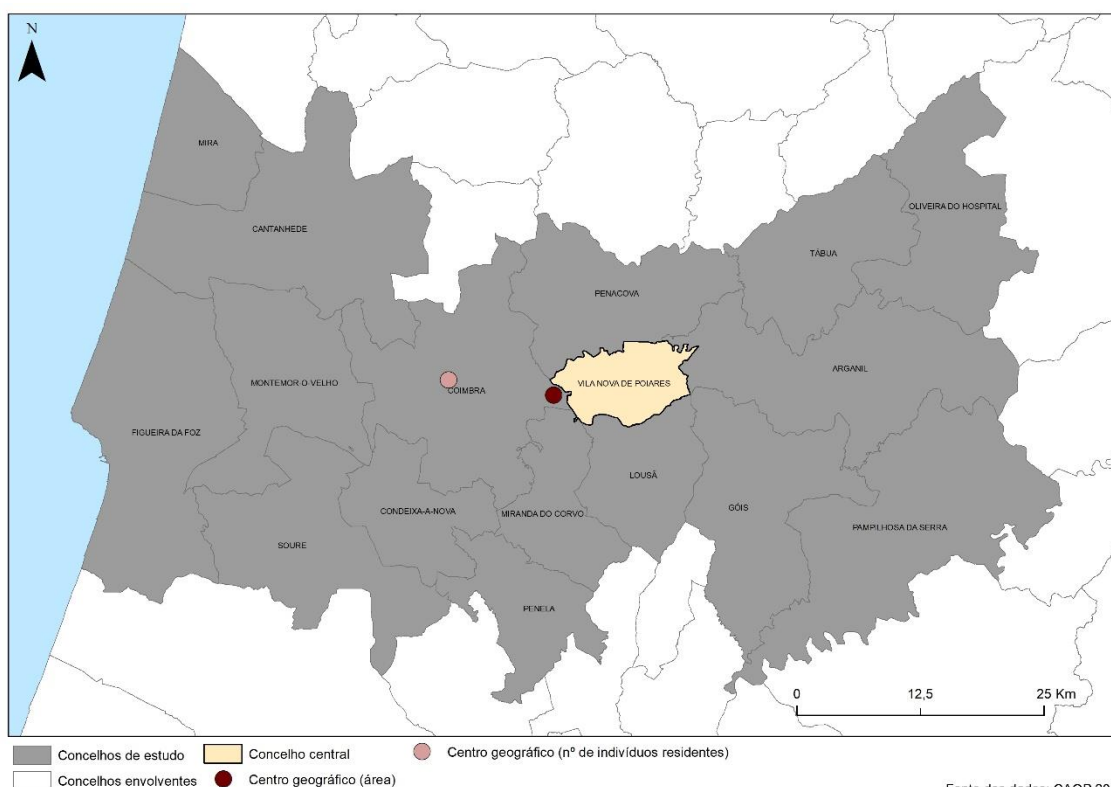


Figura 2- Concelho central, centro geográfico ponderado pela área e centro geográfico ponderado pelo número de indivíduos residentes, na área de estudo.

5.2 População

O distrito de Coimbra, à data dos CENSOS 2011, alberga uma população residente de 430 104 habitantes (INE, 2011), que se distribui de forma heterogénea pelos diferentes concelhos (Fig.3). O número de indivíduos residentes por concelho oscila entre os 4 260 e 143 396 indivíduos. A região centro e sudoeste do distrito é a que regista um maior número de indivíduos residentes, com destaque para os concelhos de Coimbra (143 396 indivíduos) e Figueira da Foz (62 125 indivíduos). Em contrapartida, a região sul e sudeste do distrito é a que regista menor número de indivíduos residentes, com destaque para o concelho de Pampilhosa da Serra com apenas 4 260 indivíduos residentes. Ao nível da subsecção, é possível verificar que o número de indivíduos varia entre 0 e 869 indivíduos. É nos concelhos de Coimbra e Figueira da Foz que se encontram as subsecções que registam maior número de indivíduos residentes. Ainda assim, nos concelhos de Lousã, Condeixa a Nova, Miranda do Corvo e Soure identifica-se pequenos núcleos cujos valores de indivíduos residentes são mais elevados, correspondendo a áreas centrais desses concelhos e, sobretudo, por serem concelhos que se encontram na envolvente do concelho de Coimbra, polo de concentração de atividades ligadas ao comércio e serviços (Fig. 4).

Através da análise da densidade populacional por concelho (Fig.5), é possível observar um padrão semelhante ao anteriormente descrito. O valor máximo de densidade populacional é de

448,9 hab/km², o valor mínimo de 11,3 hab/km² e o valor médio de 103,6 hab/km². Os valores de densidade populacional mais elevados registam-se nos concelhos de Coimbra e Figueira da Foz, com 448,9 hab/km² e 163,8 hab/km², respetivamente, e os valores de densidade mais baixos registam-se nos concelhos de Pampilhosa da Serra (11,3 hab/km²) e Góis (16,1 hab/km²). A análise do padrão de distribuição da densidade populacional demonstra que não existe autocorrelação, isto é, os valores estão próximos de 0, não se nota efeito espacial, o padrão é aleatório (Fig.6).

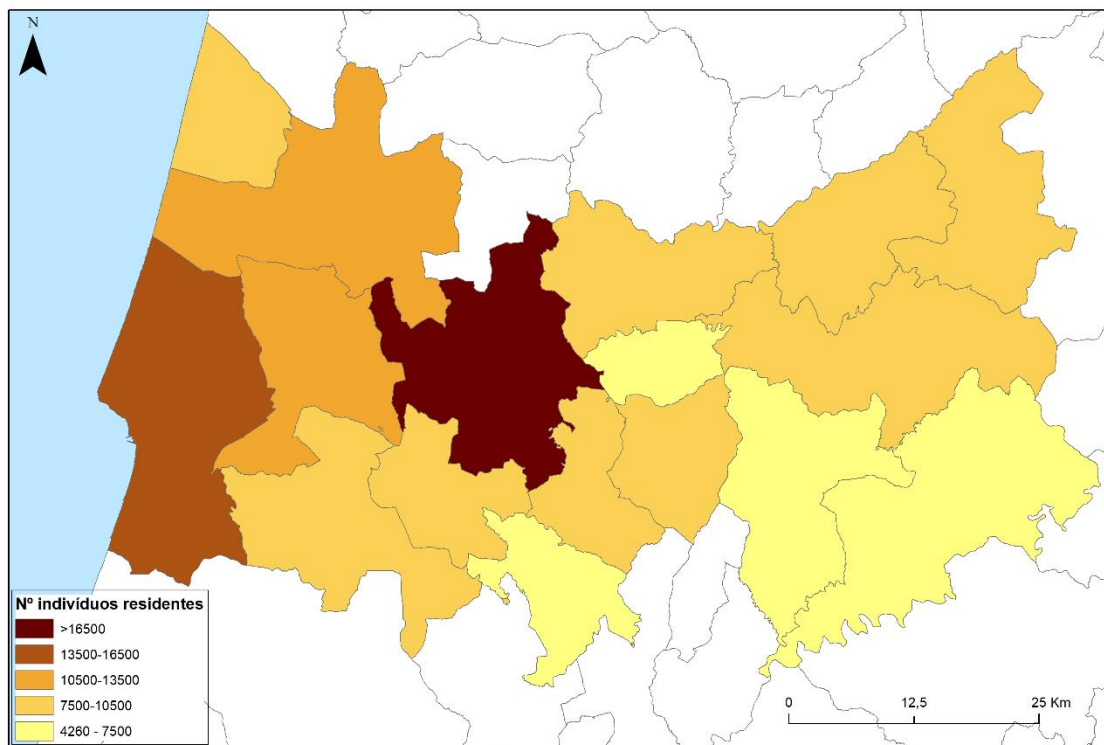


Figura 3- Número de indivíduos residentes no ano de 2011, por concelho, no distrito de Coimbra.

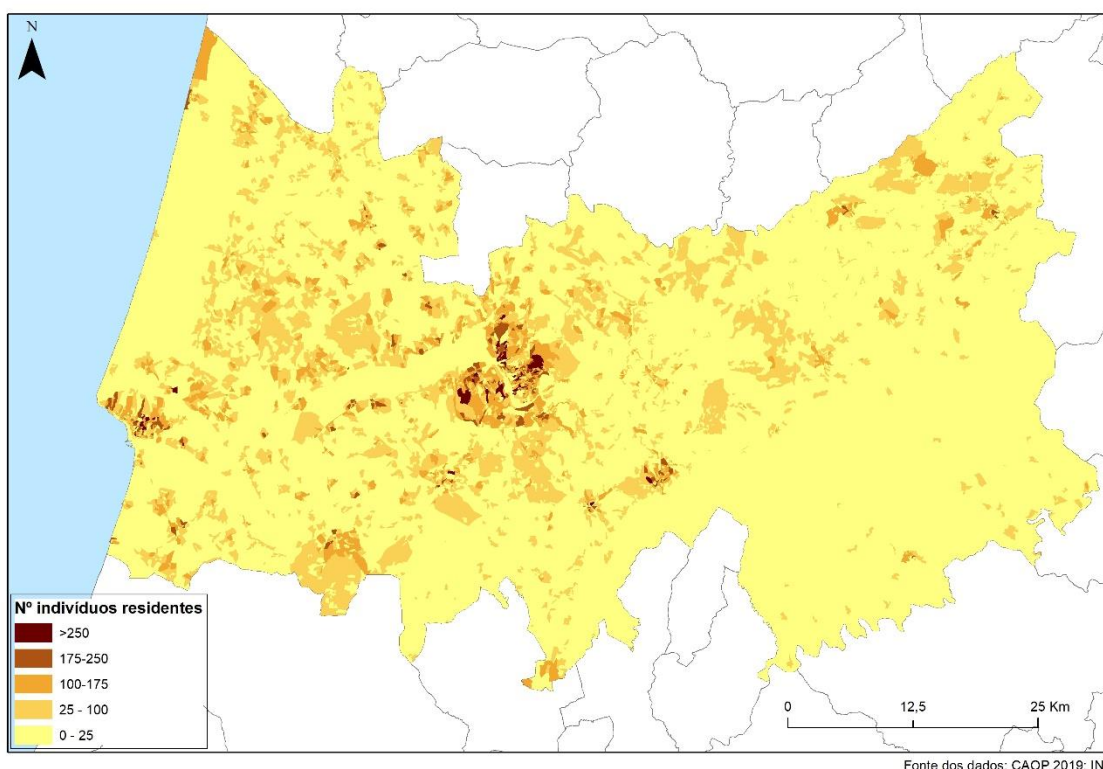


Figura 4- Número de indivíduos residentes no ano de 2011, por subsecção, no distrito de Coimbra.

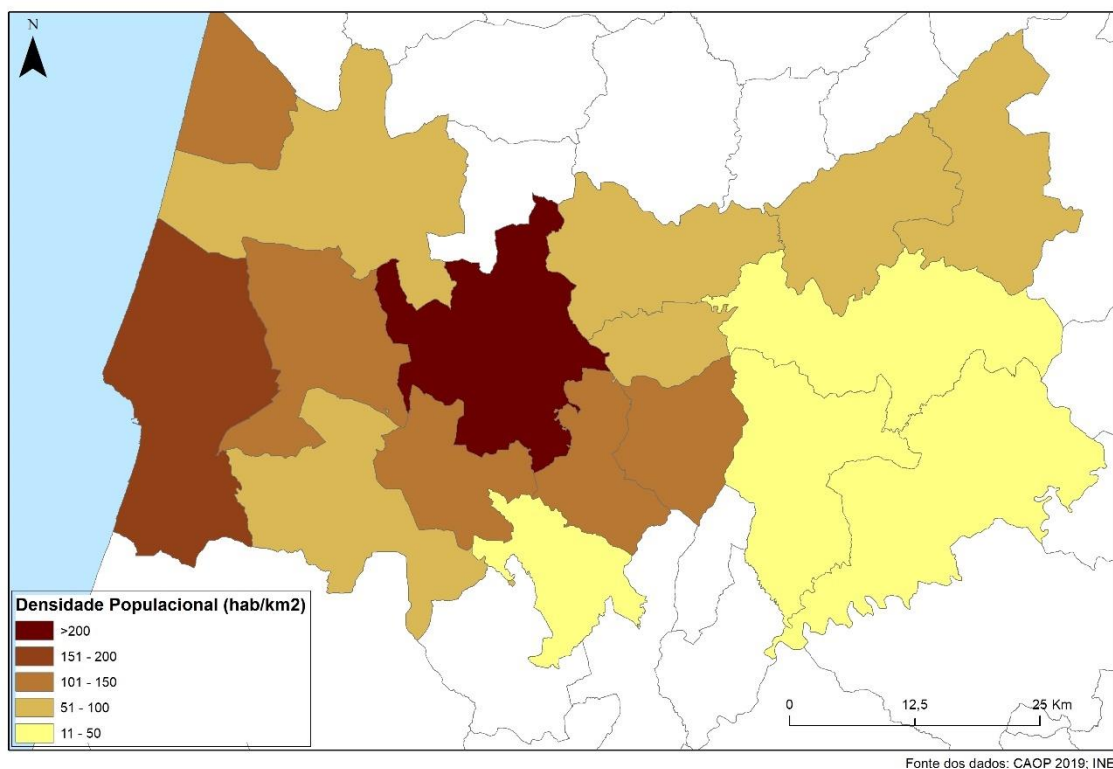


Figura 5- Densidade populacional no ano de 2011, por concelho, no distrito de Coimbra.

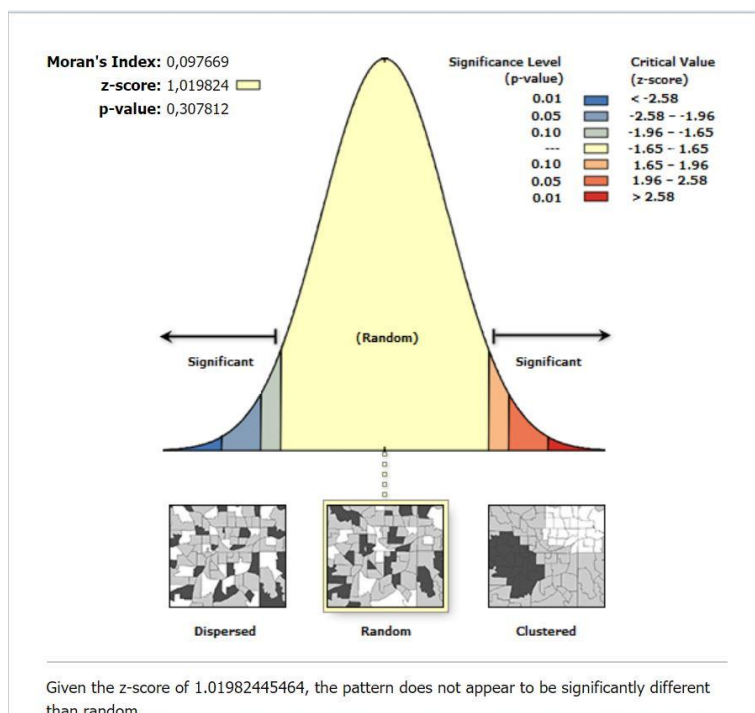


Figura 6-Autocorrelação espacial da densidade populacional (2011), no distrito de Coimbra.

5.3 Ocupação do solo

O distrito de Coimbra é composto essencialmente por espaços florestais, correspondente a 247 975 ha (62% segundo a COS 2018) (Fig.7). Em termos de espécies florestais, o pinheiro bravo é a espécie dominante (111 665 ha), seguido do eucalipto (101 439 ha). De salientar também a presença de folhosas (20 859 ha) e espécies invasoras (5 046 ha) (Fig.8). Os matos são a segunda ocupação do solo mais frequente e ocupam 33 396 ha. A agricultura, essencialmente culturas temporárias de sequeiro e regadio, ocupa 78 810 ha e as superfícies agro-florestais 28 ha. Os territórios artificializados ocupam 27 347 ha, em que a maior mancha de tecido urbano se situa no concelho de Coimbra. As pastagens ocupam 2 827 ha e os espaços descobertos ou com pouca vegetação 1 550 ha. As massas de água superficiais e zonas húmidas ocupam 5 117 ha e 425 ha, respetivamente.

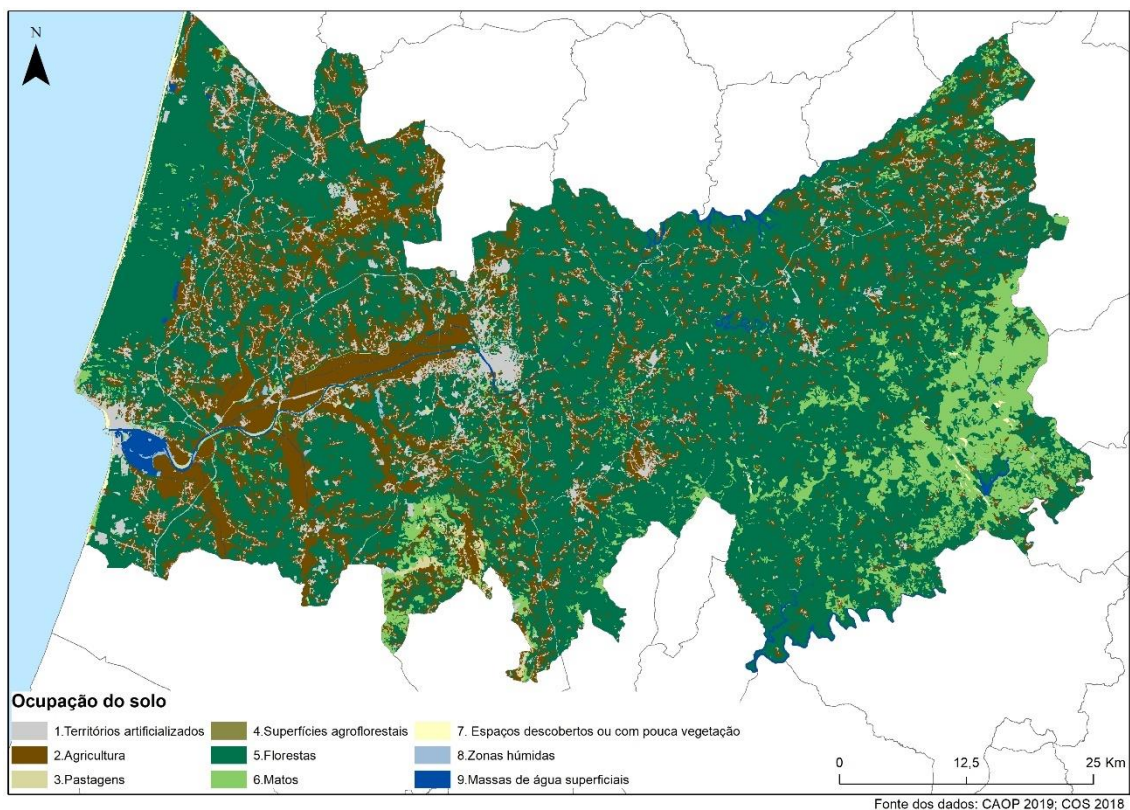


Figura 7- Ocupação do solo, segundo a COS 2018, por nível 1, no distrito de Coimbra.

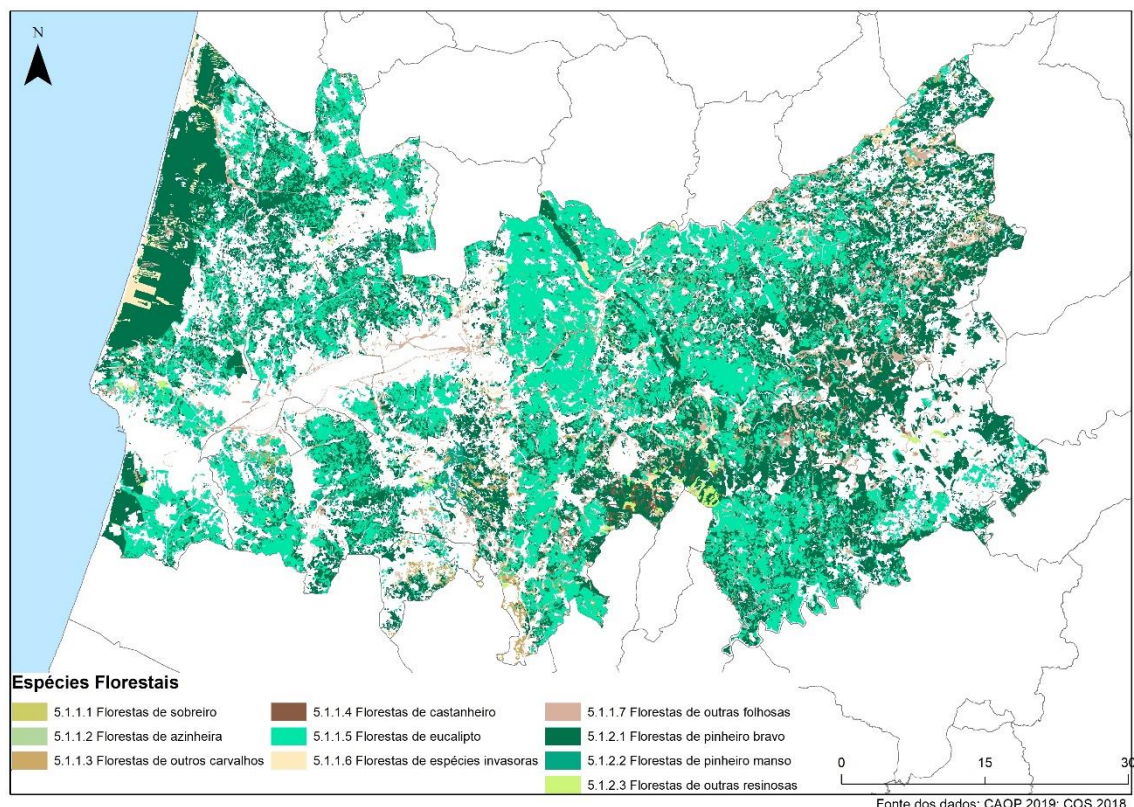


Figura 8- Espécies florestais, segundo a COS 2018, no distrito de Coimbra.

6. Resultados e Discussão

6.1 A incidência dos incêndios rurais no distrito de Coimbra

O elevado número de incêndios rurais e a dimensão das áreas ardidas está relacionado com as transformações ocorridas nas áreas florestais e com as mudanças na dinâmica social e económica do distrito de Coimbra (Bernardino et al., 2013). Os incêndios são um fenómeno frequente e uma ameaça aos espaços rurais deste distrito. Os últimos acontecimentos contribuíram para o agravar desta situação devido ao aumento da área ardida.

A análise dos dados dos incêndios entre os anos de 1975 e 2019 mostra que foram afetados 55 394,5 ha (97% da área do distrito) (Fig.9). Verifica-se que os anos que registam um maior número de área ardida são 2005 com 44 135 ha, e 2017, com 115 542 ha (Gráfico 1).

No ano de 2017, o distrito de Coimbra foi o mais afetado, em que os incêndios atingiram intensidades extremamente elevadas, até 90 000 kW/m, considerados incêndios extremos (Fantina Tedim, Royé, et al., 2018). Ainda assim, os concelhos mais afetados foram Pampilhosa da Serra com 23 939 ha de área ardida (60% da sua área municipal), Arganil com 18 421 ha (55% da sua área municipal) e Oliveira do Hospital com 16 772 ha (72% da sua área municipal) (Gráfico 2). Nesse mesmo ano, registaram-se 557 ocorrências, das quais 242 ocorrências em espaços florestais, em que cada ocorrência diz respeito a um ponto de ignição (Fig.10). O concelho que regista maior número de pontos de ignição é Oliveira do Hospital, com 67 ignições, e o que regista menor número de ignições é Vila Nova de Poiares com 7 ignições. O concelho de Oliveira

do Hospital destaca-se como um cluster espacial com valores elevados (Hot Spot), pelo facto de registar maior número de pontos de ignição e de os concelhos que o rodeiam também. Em contrapartida, o concelho de Mirando do Corvo destaca-se como Cold Spot. Ainda que não seja o concelho que regista menor número de pontos de ignição, apresenta um número de ignições relativamente baixo, tal como os concelhos que o rodeiam (Fig.11).

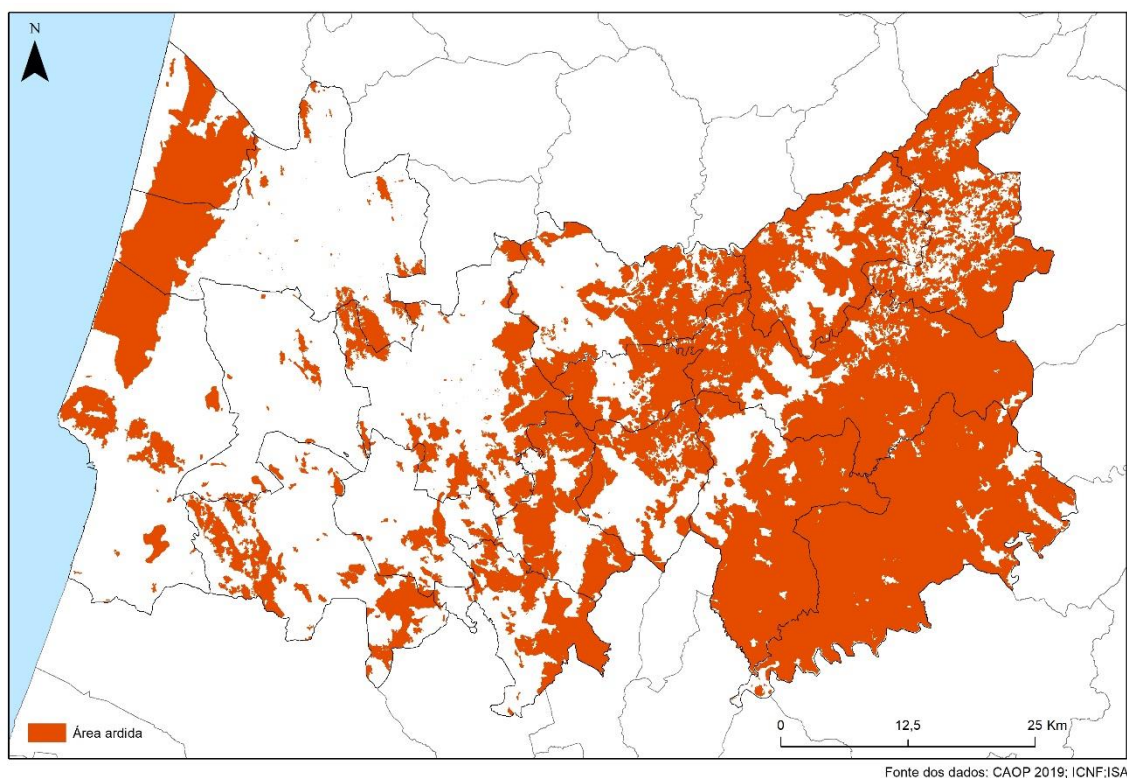


Figura 9- Área ardida, no período entre os anos de 1975 e 2019, no distrito de Coimbra.

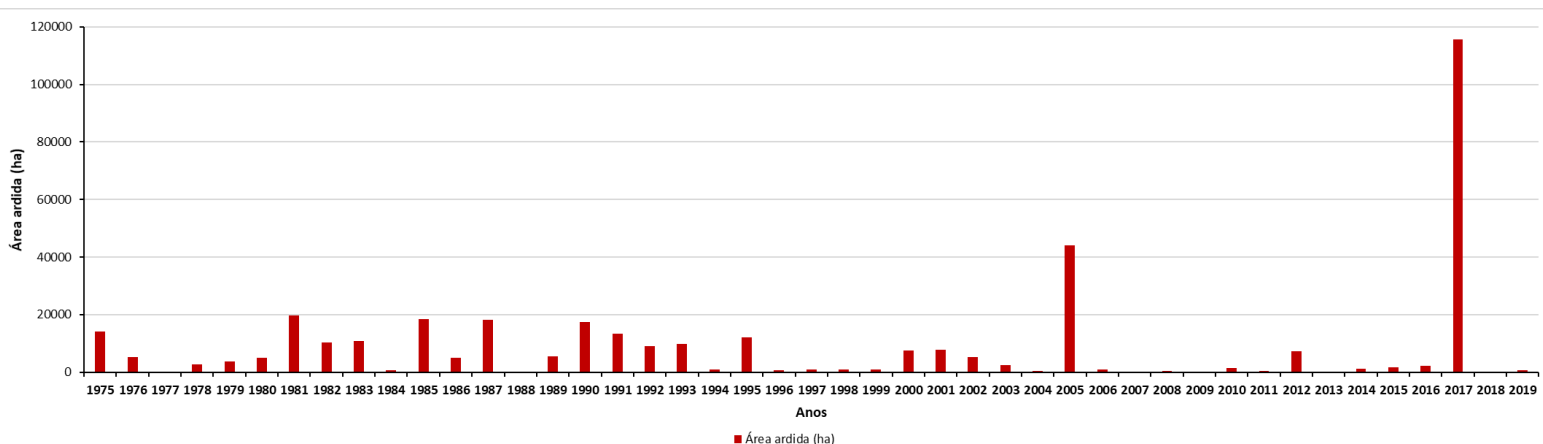


Gráfico 1- Área ardida, no período entre os anos de 1975 e 2019, no distrito de Coimbra.

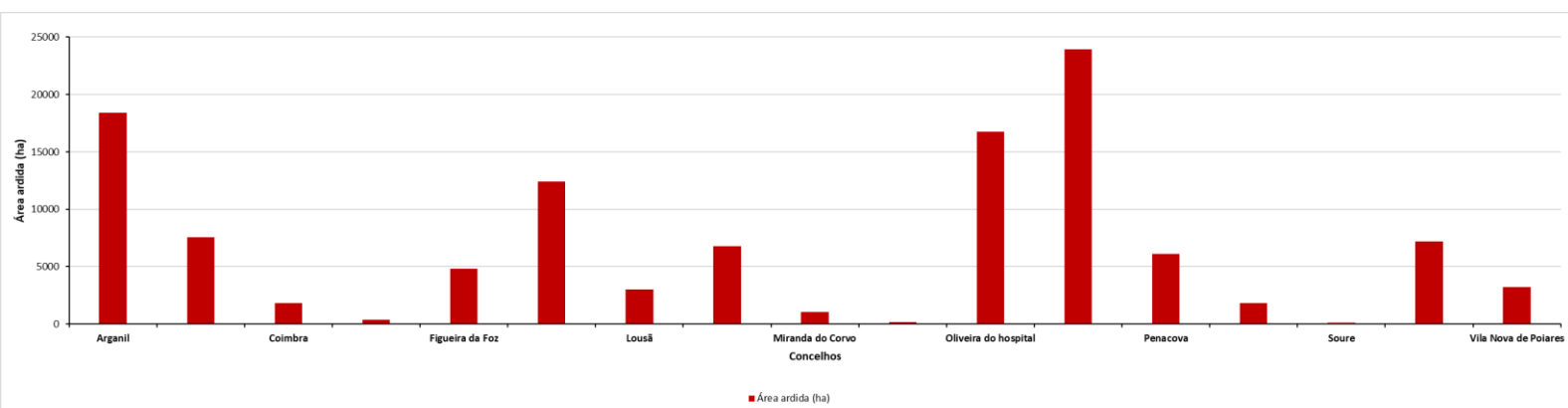
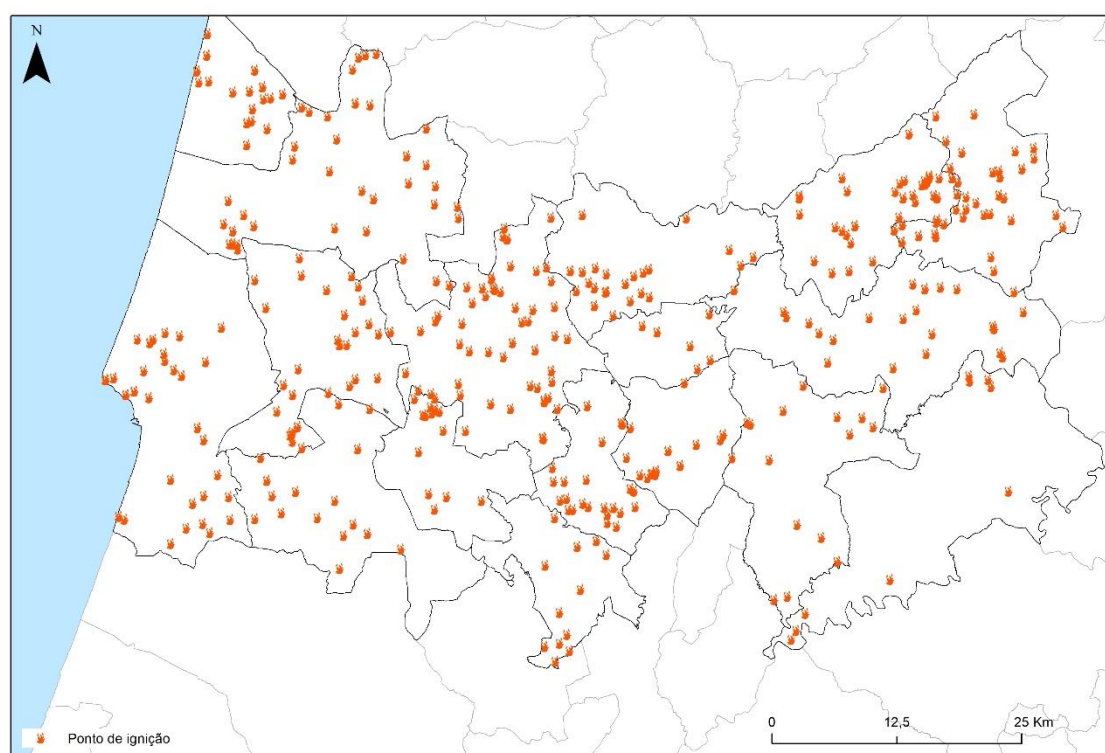


Gráfico 2- Área ardida, no ano de 2017, por concelho, no distrito de Coimbra.



Fonte dos dados: CAOP 2019; ICNF

Figura 10- Pontos de ignição relativos ao ano de 2017, no distrito de Coimbra.

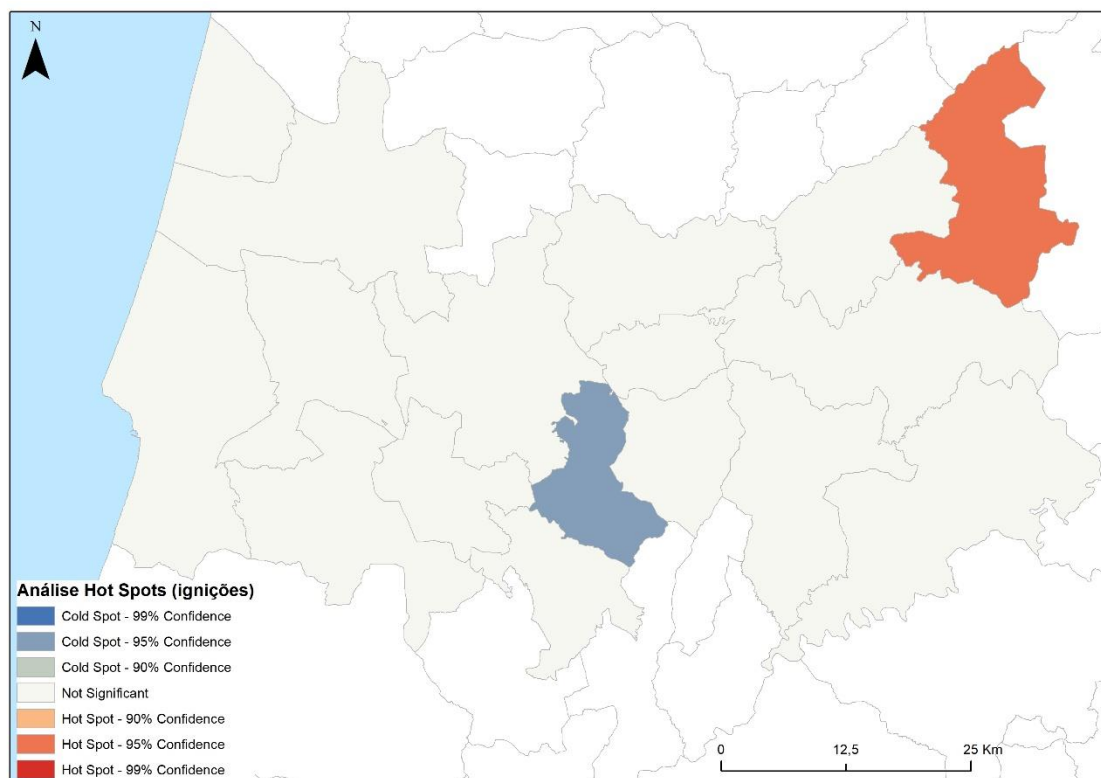


Figura 11- Análise de Hot Spots dos pontos de ignição, por concelho, no distrito de Coimbra.

6.2 O risco de incêndio no distrito de Coimbra

A avaliação do risco de incêndio rural é um processo difícil, pois os incêndios são um fenómeno complexo que é provocado, na sua maioria, pela ação humana (Antunes, 2011). A avaliação do risco de incêndio é feita através de um modelo que integra um conjunto de fatores que contribuem para o risco de incêndio rural e que proporcionam uma visualização da distribuição espacial do risco através de áreas delimitadas, em função do potencial de ocorrência e propagação do fogo. Neste trabalho foram consideradas seis variáveis com diferentes pesos: ocupação do solo, declives, exposição de vertentes, densidade da rede viária, distância à rede viária e densidade populacional.

A carta de risco obtida através da integração das diferentes variáveis, indica que grande parte do distrito de Coimbra apresenta risco de incêndio elevado e muito elevado, correspondente a 1 431, 53 km² e 1 258,66 km² da área total do distrito, respetivamente (Tabela 2). As áreas de risco muito elevado localizam-se, predominantemente, na região Sudeste do distrito, que alberga os concelhos de Pampilhosa da Serra, Góis e Arganil. Ainda assim, os concelhos de Penacova, Vila Nova de Poaires, Miranda do Corvo e Penela também concentram determinadas áreas cujo risco de incêndio é muito elevado (Fig.12).

Tendo em consideração o número de indivíduos por subsecção e as áreas classificadas com risco de incêndio muito elevado, é possível concluir que 212 378 habitantes residentes (49,3% do total de indivíduos residentes) se encontram em áreas cujo risco de incêndio é muito elevado, o que se constitui uma ameaça à segurança da população e aumenta o grau de vulnerabilidade da mesma, pela sua exposição ao risco. Neste caso, é necessário uma boa comunicação do risco à população, bem como a preparação da mesma para agir perante o risco.

No ano de 2017, no distrito de Coimbra, 52 058 ha (45,1% do total de área ardida no ano de 2017) arderam em áreas onde o risco de incêndio era muito elevado (Fig.13). Estas são áreas que já arderam no passado e que, possivelmente, voltarão a arder no futuro, face às características locais que propiciam a ignição do fogo e sua propagação. Ainda assim, se ocorrer um incêndio não implica que este se desenvolva unicamente nessas áreas, já que o comportamento do fogo é muito variável, podendo atingir áreas cujo risco de incêndio é mais baixo. Nestas áreas, consideradas de risco muito elevado, deveriam ser tomadas medidas de prevenção para evitar a ocorrência deste tipo de eventos. Nos incêndios de 2017, face aos danos causados e mortes, ficou evidente a falta de preparação do Homem para estes eventos, que tendem a aparecer com mais frequência. Assim, os incêndios assumem-se como um problema social (Tedim, Royé, et al., 2018) com necessidade urgente de resolução, para evitar erros do passado e perda de vidas humanas. Por este motivo, mais importante que reduzir as intensidades dos incêndios é necessário aprender a coexistir com eles (Tedim, 2013; Tedim & Leone, 2017; Tedim, Leone, & Xanthopoulos, 2016), adquirir comportamentos ou atividades que potenciam a diminuição da vulnerabilidade, e simultaneamente sejam um contributo para a redução do risco de ocorrência de fenómenos naturais (Birkmann, 2006; Tedim, 2013; Tedim, Leone, Amraoui, Bouillon, Coughlan, Delogu, Fernandes, Ferreira, McCaffrey, McGee, et al., 2018).

A análise desta carta de risco também permitiu identificar áreas no distrito cujo risco de incêndio é moderado, 476, 51km² (12%); baixo, 545,42 km² (13,8%); e muito baixo, 248,75 km²(6,3%) (Tabela 2). As áreas onde o risco de incêndio é muito baixo ou baixo são essencialmente no litoral do distrito, sobretudo na proximidade aos cursos de água, nomeadamente, o rio Mondego, que desagua em Figueira da Foz, e seus afluentes. Assim, os concelhos de Figueira da Foz, Montemor-o-Velho e Coimbra são os que registam um número significativo de área cujo risco de incêndio é baixo ou muito baixo (Fig.12).

Tabela 2- Risco de incêndios rural, no distrito de Coimbra.

Risco de incêndio	Área (km ²)	%
Muito elevado	1 258,66	31,8
Elevado	1 431,53	36,1
Moderado	476,51	12
Baixo	545,42	13,8
Muito baixo	248,75	6,3
Total	3 960,88	100

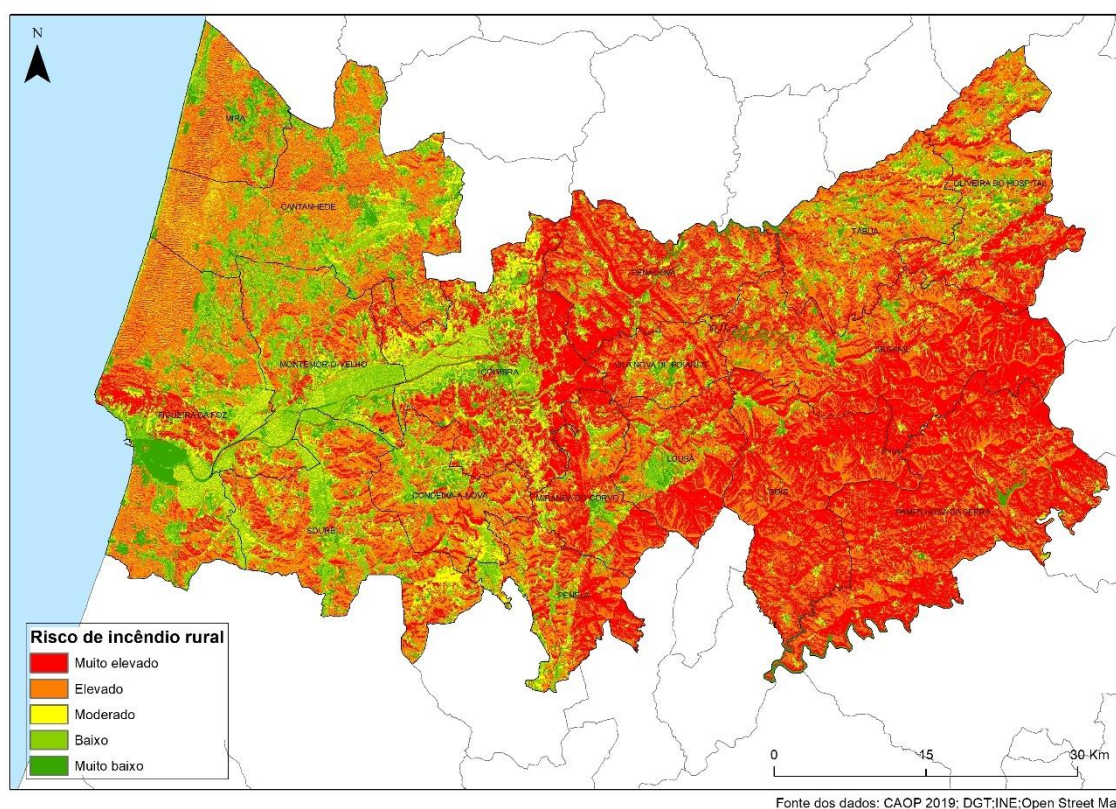
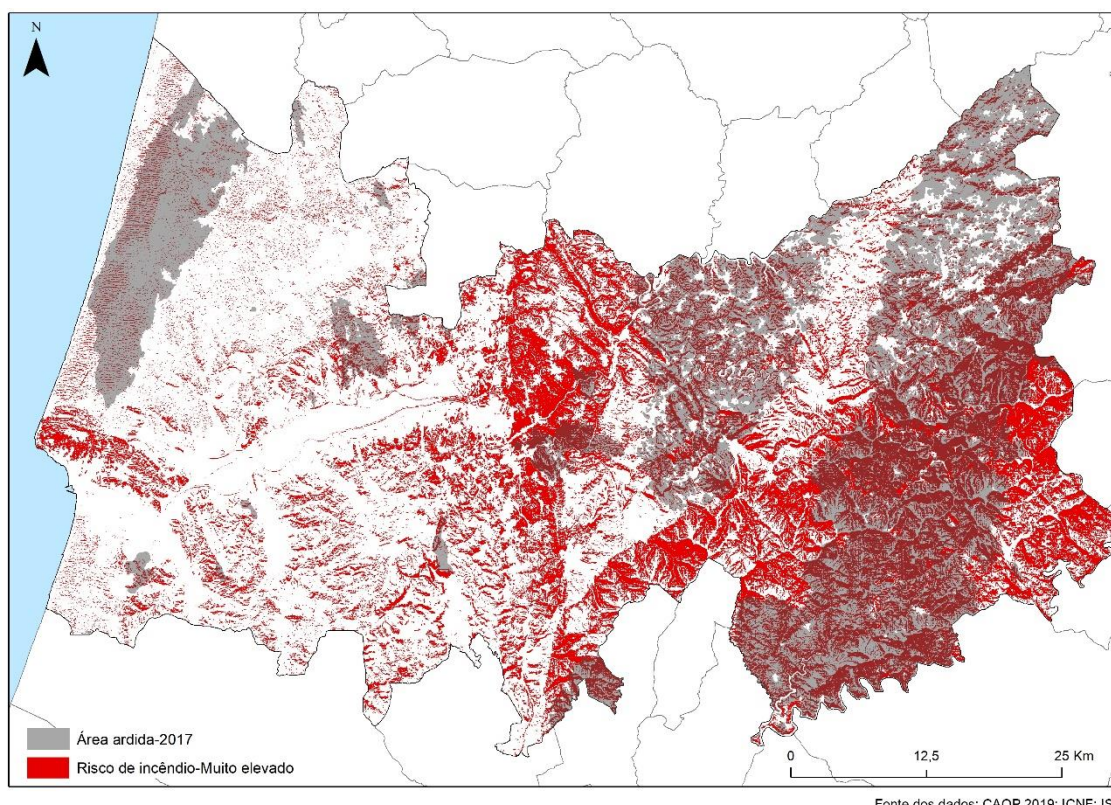


Figura 12- Carta de risco de incêndio rural do distrito de Coimbra.



Fonte dos dados: CAOP 2019; ICNF; ISA

Figura 13- Áreas de risco de incêndio muito elevado e área ardida no ano de 2017.

Ao adicionar um constrangimento à carta de risco, a área que ardeu no distrito no período entre os anos de 1975 e 2019, é possível obter valores de risco diferentes dos anteriores. A maior parte do distrito de Coimbra continua a registar um risco de incêndio elevado e muito elevado, correspondente a 1 231,47 km² e 1 002,33 km² da área total do distrito, respetivamente. Contudo, estes valores são mais baixos do que os apresentados na carta de risco anterior. As áreas com risco moderado, baixo e muito baixo aumentam. Assim, 719,93 km² do distrito apresentam risco de incêndio moderado, 693,42 km² risco baixo e 322,70 km² risco muito baixo (Tabela 3 e Fig.14).

Tabela 3- Risco de incêndio rural com constrangimento da área ardida, no distrito de Coimbra.

Risco de incêndio	Área (km ²)	%
Muito elevado	1 002,33	25,3
Elevado	1 231,47	31,1
Moderado	719,93	17,9
Baixo	693,42	17,5
Muito baixo	322,70	8,1
Total	3 960,88	100

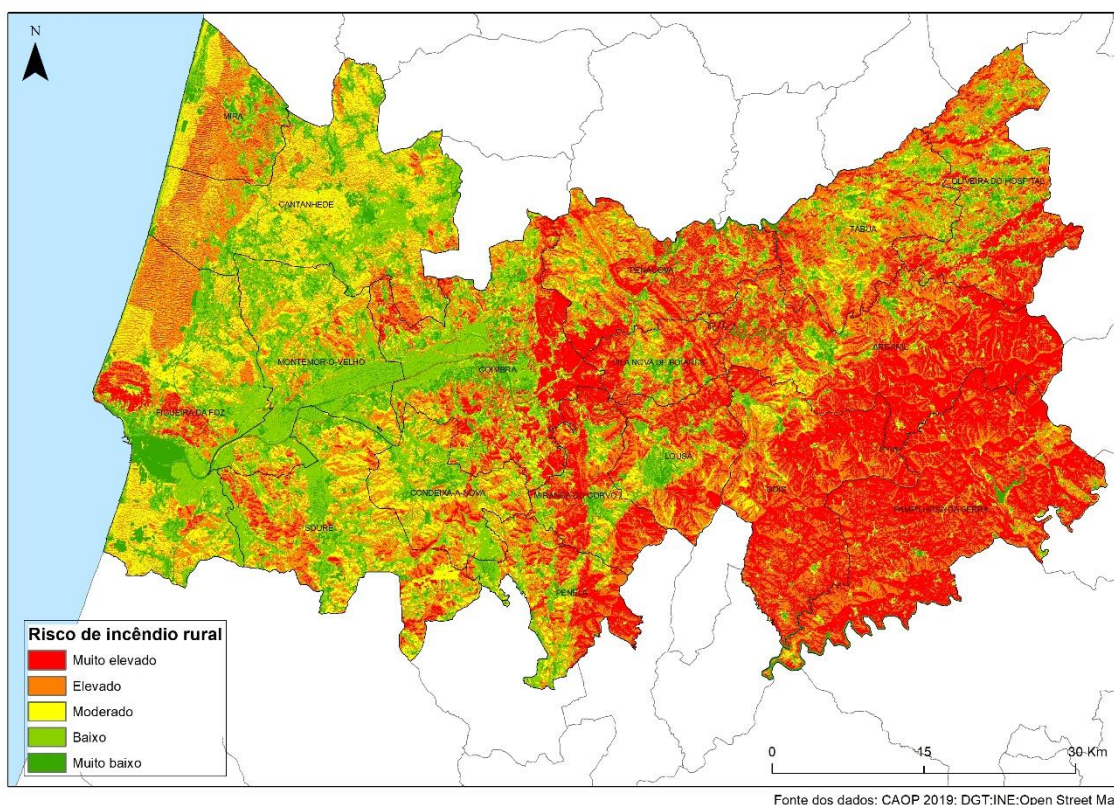


Figura 14- Carta de risco de incêndio rural com constrangimento da área ardida, no período entre 1975 e 2019, do distrito de Coimbra

6.3 Medidas de prevenção aos incêndios rurais

Os incêndios de 2017 causaram impactos severos a vários níveis. Foram destruídas estruturas de apoio à atividade agrícola e pecuária, ameaçadas populações e habitações, em que se registaram vítimas mortais e feridos ligeiros e graves, e foram destruídos ecossistemas. Os prejuízos económicos causados diretamente pelos incêndios e as despesas decorrentes de programas de apoio financeiro e institucional para promover o regresso à normalidade ascenderam muitos milhões de euros. Os incêndios ocorridos neste ano foram os que seguramente maior impacto e maiores danos causaram em Portugal, desde que existem registos (Neto et al., 2018).

Assim, a ocorrência destes incêndios evidenciou a falta de preparação dos cidadãos para lidar com estes eventos que tendem a ser cada vez mais frequentes. As medidas da atual política de gestão dos incêndios rurais não são suficientes para reduzir o risco, nem os seus impactos e não responderem às necessidades locais, nomeadamente ao nível da realização de fogo controlado (F. J. M. Correia, 2017). Atualmente, gasta-se muito mais dinheiro no combate do que na prevenção. “Além de não se cumprirem os regulamentos estipulados no que respeita à Defesa da Floresta Contra Incêndios (DFCI), o maior problema ocorre quando em termos políticos se pensa na prevenção momentaneamente e apenas numa estratégia de combate permanente”

(F. J. M. Correia, 2017, p. 101). A prevenção é mais eficiente do que a extinção para gerir os incêndios rurais, pelo que é necessário reunir um conjunto de medidas que possibilitem a redução do número de ocorrências e impactos dos incêndios rurais. Além disso, a falta de preparação no pré-evento, também resulta de uma ineficaz e inadequada comunicação do risco, que gera maior exposição ou vulnerabilidade dos indivíduos.

Ainda assim, existe um conjunto de medidas de prevenção: estratégias de fogo controlado, abertura de caminhos e aceiros, identificação de pontos de água e limpeza de terrenos, ainda que por vezes sejam ineficazes por não serem adequadas ao local.

A limpeza de terrenos é uma medida obrigatória e destina-se a todos os proprietários, arrendatários, usufrutuários ou entidades que, a qualquer título, detenham terrenos confinantes a edifícios inseridos em espaços rurais, com o intuito de gerir o combustível. No distrito de Coimbra, considerando uma faixa de proteção de até 100 metros aos aglomerados urbanos e 10 metros às estradas, verifica-se que é necessário proceder à limpeza de um total de 73 930,8 ha. Os valores para proceder a essas limpezas variam entre os 350 e 1 200 euros/ha. Assim, para proceder à limpeza de todos os terrenos que são abrangidos por essas faixas de proteção os valores oscilariam entre os 25 875 788 € e 72 296 122 €, sendo o valor médio de 57 296 388 €.

Contudo, esta é uma medida que tem gerado algum desconforto nos proprietários, sobretudo pelos elevados preços para efetuar limpezas. Maior parte dos terrenos pertencem a população idosa, cujo rendimento não permite efetuar tais limpezas, bem como essa população também não tem capacidade de as fazer, o que resulta num aumento do abandono dos terrenos, que acabam por não ser limpos e colocam a área envolvente em risco. Assim, conclui-se que este tipo de medidas, medidas coercivas (top-down), não têm eficácia a longo prazo, o que pode resultar na perda de rendimentos associadas a atividades tradicionais, abandono, e aumento de carga de combustível.

Ainda que as medidas de prevenção sejam uma das formas de evitar a ocorrência de incêndios, têm de ser bem estruturadas e delineadas para que sejam eficazes. Outras medidas que poderão ser mais eficazes são, por exemplo, a adoção de uma abordagem inovadora e voltada para o futuro da gestão de incêndios rurais na escala do território (conceito de “Fire Smart Territory”) (Tedim, Leone, & Xanthopoulos, 2016); melhores políticas de planeamento e gestão, “não viver contra o fogo, mas coexistir com ele” (Moritz et al., 2014); realização de estudos para a avaliação da vulnerabilidade das comunidades de modo a definir políticas adequadas às comunidades que permitam a redução do risco de incêndio florestal (Tedim, 2013); e identificação das fragilidades dos modelos comunicativos e melhoria das estratégias de comunicação do risco (Fantina Tedim et al., 2020).

7. Conclusão

O fogo é um componente natural dos ecossistemas, mas o seu uso pelo Homem bem como a pressão exercida sobre o sistema natural levam ao perigo de incêndio. É fundamental a avaliação do índice de risco de incêndio do território, como uma ferramenta de apoio ao planeamento, de modo a identificar as áreas mais suscetíveis à ocorrência de incêndios.

Portugal apresenta elevado risco de incêndio, um problema recorrente, que tem vindo a ganhar cada vez mais importância devido à sua frequência, dimensão e intensidade. Isto justifica-se, em parte, pelos comportamentos e atitudes da sociedade que propiciam a construção de paisagens com características que favorecem a ocorrência de incêndios de elevada intensidade.

O distrito de Coimbra, constituído essencialmente por espaços florestais, apresenta risco elevado e muito elevado aos incêndios rurais, sobretudo a Este e Sudeste do distrito, o que faz com que seja um dos que mais arde no panorama nacional. No ano de 2017 foi o distrito que registou maior número de concelhos afetados pelos incêndios, considerados extremos, com enormes danos sociais e económicos. Isto demonstra a falta de preparação dos cidadãos para lidar com estes eventos cada vez mais frequentes, o que aumenta a vulnerabilidade e a exposição dos mesmos ao risco.

Apesar de ser impossível eliminar o fogo e os incêndios, uma vez que estes sempre fizeram parte dos climas mediterrânicos e do metabolismo destes ecossistemas, era essencial a minimização do risco de incêndio. A atual política de gestão de risco de incêndio é ineficaz, deste modo era essencial a aposta em medidas que permitam a redução do número de ocorrências e impactos dos incêndios rurais.

Referências Bibliográficas

- Alexandre, P. M., Stewart, S. I., Mockrin, M. H., Keuler, N. S., Syphard, A. D., Bar-Massada, A., . . . Radeloff, V. C. (2016). The relative impacts of vegetation, topography and spatial arrangement on building loss to wildfires in case studies of California and Colorado. *Landscape ecology*, 31(2), 415-430.
- Antunes, C. C., Viegas, D. X., & Mendes, J. M. (2011). Avaliação do risco de incêndio florestal no Concelho de Arganil. *Silva Lusitana*, 19(2), 165-179.

- Bernardino, S., Lourenço, L., & Gonçalves, J. (2013). Incêndios Florestais e Risco de Ignição nos Distritos de Coimbra e Castelo Branco, entre 1981 e 2010. *Grandes incêndios florestais, erosão, degradação e medidas de recuperação dos solos*, 45.
- Caballero, D. (2004). *Wildland-urban interface fire risk management: WARM project*. Paper presented at the II International Symposium on Fire Economics, Planning and Policy: A Global View. US Forest Service. Universidad de Córdoba. Córdoba, Spain.
- Chas-Amil, M., Touza, J., & García-Martínez, E. (2013). Forest fires in the wildland–urban interface: a spatial analysis of forest fragmentation and human impacts. *Applied Geography*, 43, 127-137.
- Cohen, J. D. (2000). Preventing Disaster: Home Ignitability in the Wildland-Urban Interface. *Journal of Forestry*, 98(3), 15-21. doi:10.1093/jof/98.3.15
- Correia, F. (2019). *REFLEXÃO SOBRE OS GRANDES INCÊNDIOS EM AROUCA: CONTRIBUTO PARA A DEFINIÇÃO DE NOVAS FORMAS DE PREVENÇÃO*.
- Correia, F. J. M. (2017). O contributo dos serviços de ecossistema na prevenção e resiliência a incêndios rurais na Rede Natura 2000, no município de Arouca.
- de Torres Curth, M., Biscayart, C., Ghermandi, L., & Pfister, G. (2012). Wildland–urban interface fires and socioeconomic conditions: a case study of a Northwestern Patagonia city. *Environmental Management*, 49(4), 876-891.
- Dondo, M., de Torres Curth, M., & Garibaldi, L. (2013). Socioeconomic influence on wildland-urban interface fires in Patagonia. *Urban Planning*, 110, 64-73.
- Falcucci, A., Maiorano, L., & Boitani, L. (2007). Changes in land-use/land-cover patterns in Italy and their implications for biodiversity conservation. *Landscape ecology*, 22(4), 617-631.
- Ferrara, C., Carlucci, M., Grigoriadis, E., Corona, P., & Salvati, L. (2017). A comprehensive insight into the geography of forest cover in Italy: Exploring the importance of socioeconomic local contexts. *Forest policy and Economics*, 75, 12-22.
- 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. *Instituto Geográfico Português: Lisbon, Portugal*.
- Ghermandi, L., Beletsky, N. A., de Torres Curth, M. I., & Oddi, F. J. (2016). From leaves to landscape: A multiscale approach to assess fire hazard in wildland-urban interface areas. *Journal of Environmental Management*, 183, 925-937. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.09.051>
- Gill, A. M., Stephens, S. L., & Cary, G. J. (2013). The worldwide “wildfire” problem. *Ecological Applications*, 23(2), 438-454.

- ICNF. (2014). Avaliação Intercalar do Plano Nacional de Defesa da Floresta Contra Incêndios (2006-2012). *Sumário Executivo*.
- INE. (2011). *Rel. téc. Instituto nacional de estatística*.
- ISA. (2006). *Instituto Superior de Agronomia: Plano Nacional de Defesa da Floresta Contra Incêndios*. Lisboa.
- Lourenço, L. (2006). Incêndios florestais. Algumas reflexões sobre prevenção e mitos do combate. *Territorium*(13), 59-70.
- Magalhães, C. G. (2018). A gestão dos incêndios rurais no município de Arouca: a relevância do conceito de defensabilidade.
- Marchi, M., Chianucci, F., Ferrara, C., Pontuale, G., Pontuale, E., Mavrakakis, A., . . . Salvati, L. (2018). Sustainable Land-Use, Wildfires, and Evolving Local Contexts in a Mediterranean Country, 2000–2015. *Sustainability*, 10(11), 3911.
- Mateus, P., & Fernandes, P. M. (2014). Forest fires in Portugal: dynamics, causes and policies. In *Forest Context and Policies in Portugal* (pp. 97-115): Springer.
- McCaffrey, S. M., & Olsen, C. S. (2012). Research perspectives on the public and fire management: a synthesis of current social science on eight essential questions.
- Moreira, F., Viedma, O., Arianoutsou, M., Curt, T., Koutsias, N., Rigolot, E., . . . Xanthopoulos, G. (2011). Landscape–wildfire interactions in southern Europe: implications for landscape management. *Journal of Environmental Management*, 92(10), 2389-2402.
- Moritz, M. A., Batllori, E., Bradstock, R. A., Gill, A. M., Handmer, J., Hessburg, P. F., . . . Schoennagel, T. (2014). Learning to coexist with wildfire. *nature*, 515(7525), 58.
- Neto, M., Pimentel, J., Morais, A., Santos, C., Ferreira, A. J., & Ferreira, P. L. (2018). Preparação das famílias para fazer face a emergências e catástrofes: avaliação após o incêndio de 2017 ocorrido nos concelhos de Pedrógão Grande, Figueiró dos Vinhos e Castanheira de Pera.
- Paton, D., & Tedim, F. (2012). *Wildfire and community: facilitating preparedness and resilience*: Charles C Thomas Publisher.
- Prior, T., & Eriksen, C. (2013). Wildfire preparedness, community cohesion and social–ecological systems. *Global environmental change*, 23(6), 1575-1586.
- Pyne, S. J. (1984). *Introduction to wildland fire. Fire management in the United States*: John Wiley & Sons.
- Salvati, L., & Ranalli, F. (2015). ‘Land of Fires’: Urban Growth, Economic Crisis, and Forest Fires in Attica, Greece. *Geographical Research*, 53(1), 68-80.
- San-Miguel-Ayanz, J., Durrant, T. H., Boca, R., Libertà, G., Boccacci, F., Di Leo, M., . . . Abbas, M. (2016). Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2015.

- Schmuck, G., San-Miguel-Ayanz, J., Camia, A., Durrant, T., Santos de Oliveira, S., Boca, R., . . . Corti, P. (2011). Forest fires in Europe 2010.
- Tedim, F. (2013). O contributo da vulnerabilidade na redução do risco de incêndio florestal. *Riscos naturais, antrópicos e mistos. Homenagem ao Professor Doutor Fernando Rebelo, Departamento de Geografia. Faculdade de Letras. Universidade de Coimbra*, 653-666.
- Tedim, F., & Leone, V. (2017). Enhancing resilience to wildfire disasters: From the “war against fire” to “coexist with fire. In *Disaster resilience: an integrated approach (2nd ed.)* (pp. 362-383). USA: Charles C Thomas Publisher.
- Tedim, F., Leone, V., Amraoui, M., Bouillon, C., Coughlan, M. R., Delogu, G. M., . . . McGee, T. K. (2018). Defining extreme wildfire events: difficulties, challenges, and impacts. *Fire*, 1(1), 9.
- Tedim, F., Leone, V., & Xanthopoulos, G. (2015). Wildfire risk management in Europe. the challenge of seeing the “forest” and not just the “trees.”. *Proceedings of the 13th International Wildland Fire Safety Summit & 4th Human Dimensions of Wildland Fire, Managing Fire, Understanding Ourselves: Human Dimensions in Safety and Wildland Fire*, 213-238.
- Tedim, F., McCaffrey, S., Leone, V., Delogu, G. M., Castelnou, M., McGee, T. K., & Aranha, J. (2020). What can we do differently about the extreme wildfire problem: An overview. In *Extreme Wildfire Events and Disasters* (pp. 233-263): Elsevier.
- Tedim, F., Remelgado, R., Borges, C., Carvalho, S., & Martins, J. (2013). Exploring the occurrence of mega-fires in Portugal. *Forest Ecology and Management*, 294, 86-96. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2012.07.031>
- Tedim, F., Royé, D., Bouillon, C., Correia, F., & Leone, V. (2018). Understanding unburned patches patterns in extreme wildfire events: evidences from Portugal. In D. X. Viegas (Ed.), *Advances in Forest Fire Research 2018* (pp. 700-715). Coimbra ADAI/CEIF.