

Análise da Suscetibilidade demográfica e habitacional aos incêndios florestais, no Distrito de Coimbra

Análise Espacial aplicada ao Ordenamento do Território

Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território

Faculdade de Letras da Universidade do Porto

Ano Letivo 2020/2021

Docente: Miguel Marinho Saraiva

Discente: Joana Filipa Cunha Feliz dos Santos

Índice

1. Introdução	2
2. Materiais e métodos	2
2.1- Análise Descritiva	3
2.2 - Análise Multicritério.....	3
3. Área de Estudo	4
4. Análise descritiva do Distrito de Coimbra	5
5. Análise Multicritério (AMC).....	9
6. Análise das Variáveis	9
6.1- Declives	9
6.2- Exposição de Vertentes.....	10
6.3- Rede Hidrográfica.....	10
6.4- Ocupação do Solo	11
6.5- Densidade demográfica	11
6.6- Proximidade à Rede Viária	12
6.7- Visibilidade dos Postos de Vigia	13
6.8- Distância aos Pontos de Água	13
6.9- Histórico de Incêndios.....	14
7. Mapa de Suscetibilidade	15
8. Análise da Classe de Maior Suscetibilidade	16
8.1- Área de maior suscetibilidade pelas diversas classes de uso do solo	16
8.2- Comparação da área ardida nos últimos 5 anos (2015-2019) com as áreas classificadas como de maior suscetibilidade.....	17
8.3- Número total de habitantes e edifícios abrangidos pelas áreas de maior suscetibilidade e respetiva percentagem de habitantes idosos (acima de 65 anos) e edifícios com mais de 50 anos.....	17
8.4- Localização das corporações de bombeiros do distrito e análise da distância destas corporações às áreas de maior suscetibilidade	18
O tempo de deslocação é um fator muito importante no que toca ao combate de incêndios florestais, sendo que é preciso ter em conta os valores referentes à distância às áreas mais suscetíveis, para um combate aos incêndios com maior eficiência.	18
8.5- Orçamento necessário para a limpeza dos terrenos do distrito.....	19
9. Considerações Finais	19
10. Referências Bibliográficas	20

1. Introdução

“Em cada época de incêndios, fogos descontrolados têm efeitos ambientais nefastos e causam grandes prejuízos à economia nacional. Estes eventos, frequentemente dramáticos, podem igualmente resultar na perda de vidas humanas e destruição de ecossistemas, neste caso contribuindo para a redução da biodiversidade e depredação de recursos não renováveis como vegetação endémica e *habitats* naturais.” (Freire *et al.*, 2002, p.2). Sendo este o ponto de partida para a elaboração de políticas de prevenção dos incêndios florestais passando pela compreensão das suas causas e respetiva distribuição dos incêndios florestais (Matos, 2012).

Quanto à suscetibilidade avaliada neste estudo, esta define-se como “(...) a propensão de uma dada área ou unidade territorial ser afetada pelo fenómeno estudado, avaliada a partir das propriedades que lhe são intrínsecas. Uma unidade territorial será mais ou menos suscetível conforme seja mais afetada ou potencie a ocorrência e desenvolvimento do fenómeno. No caso dos incêndios florestais, uma determinada área será tanto mais suscetível quanto melhor permitir a flagrarão e/ou a progressão do incêndio” (Verde e Zêzere, 2007, p.15). Isto é, quanto maior for o número de variáveis com maiores pesos numa determinada área, maior será a suscetibilidade da mesma.

Como área de estudo, foi selecionado o Distrito de Coimbra, devido ao histórico de incêndios anteriores com grande área ardida, como é o exemplo dos Incêndios Florestais ocorridos nos concelhos de Arganil e Pampilhosa da Serra (Isa, 2005). Assim como, este Distrito é constituído por uma extensa área florestal, uma paisagem a conservar e um vasto património histórico-cultural (Antunes *et al.*, 2011).

Como objetivos deste estudo é pretendido 1) através dos métodos e técnicas lecionados durante as aulas executar uma estatística descritiva do Distrito de Coimbra; 2) realizar cartografia de risco referente aos incêndios florestais para o Distrito de Coimbra integrando diversas variáveis que poderão potenciar o risco de ignição, propagação e de controlo do fogo, de modo a identificar as áreas de maior suscetibilidade; 3) responder a uma série de questões relacionadas com as áreas de maior suscetibilidade a fim de interpretar os motivos mais significativos evitar ocorrências futuras nas mesmas, como por exemplo os valores económicos alusivos a limpeza das florestas.

2. Materiais e métodos

A execução deste trabalho teve uma metodologia assente na utilização de ferramentas e técnicas do *software ArcMap*, utilizada bibliografia de referência sobre o tema em estudo e *software Excel* para o manuseamento das tabelas BGRI e para o cálculo dos pesos (AMC).

2.1- Análise Descritiva

Para a análise descritiva do Distrito foram aplicadas três variáveis, sendo elas, a Densidade Populacional, o nº de Edifícios Vulneráveis e a População vulnerável e idosa. Através da BGRI (2011), foi possível ter acesso a esses dados, sendo que para o número de edifícios vulneráveis foram considerados os edifícios anteriores a 1980. Relativamente à população vulnerável e idosa, foi considerada a população acima dos 65 anos.

No que toca ao uso das ferramentas inseridas no *Analyzing Patterns*, foi calculado o *Incremental Spatial Autocorrelation*, *High/Low Clustering (Getis-Ord General G)*, *Spatial Autocorrelation (Morans I)*. Em que a ponderação foi cada uma das variáveis e a distância incremental foram os picos resultantes do cálculo do *Incremental Spatial Distance* com 10 bandas de distância. Para todos os cálculos também foi utilizado *Row Standardization* por se tratar de um estudo feito com base em limites administrativos e utilizado o *Euclidean Distance Method*. Posteriormente, através do *Measuring Geographic Distribution* foi calculado o *Directional Distribution (Standard Desviational Ellipse)* para todas as variáveis, sendo que foi utilizada como ponderação cada uma. O pico de distância para cada variável foi de 14km para a Densidade Populacional e Edifícios antigos e 12km para a População com mais de 65 anos. E com o *Mapping Clusters* calculou-se o *Cluster and Outlier Analysis (Anselin Local Morans I)* e o *Hot Spot Analysis (Getis-Ord Gi*)* com os parâmetros referidos anteriormente, sendo que para as variáveis que apresentaram resultados mais coerentes foi feita cartografia. Finalmente, foi utilizada a Carta de Ocupação do Solo e calculado *Spatial Autocorrelation*.

2.2 - Análise Multicritério

Primeiramente foi necessário realizar uma recolha de dados relativos às variáveis para usar na AMC (Análise Multicritério) (tabela 1). Foi definido o *workspace* no *ArcMap* com um tamanho de célula de 10m (*Raster Analysis*) e no *Extent* com base a *shapefile* referente à BGRI de Coimbra. De seguida, foram convertidos em dados vetoriais para *raster*, reclassificando-os de acordo com a análise multicritério de base e os respetivos pesos definidos para cada. Para algumas das variáveis foi necessário aplicar algumas ferramentas antecipadamente, tanto que para concretização da visibilidade dos postos de vigia foi utilizada a ferramenta *Viewshed* e posteriormente na tabela de atributos foi posto o OFFSETA com 15m juntamente com a altura do observador de 1,75m. Para variáveis como a Rede Hidrográfica, Rede Viária e a Distância aos Pontos de Água foi aplicado o *Euclidean Distance*, assim como, para a junção dos vários anos de Área Ardida recolhidos usou-se o *Cell Statistics*.

Quanto ao Mapa de Suscetibilidade, em primeiro foi criado um campo em todas tabelas de atributos de cada variável, para proceder-se à normalização com valores entre 0 e 1. Posteriormente, foi executada a ferramenta *Lookup* para todas as variáveis, seguindo-se o uso do *Raster Calculator* com todos os *Lookups* multiplicados pelo valor retirado da tabela de ponderação realizada no *Excel* (tabelas 2 e 3).

Para a realização dos exercícios relativos à maior suscetibilidade foram recolhidos dados referentes às Corporações de Bombeiros de Coimbra (Wikipedia, 2021) e usados os dados anteriormente recolhidos referentes à BGRI (2011). Nestes exercícios foram utilizadas principalmente as seguintes ferramentas: *Zonal Statistics*, *Buffer*, *Intersect* e *Cost Distance*.

Tabela 1- Descrição dos dados utilizados

DADOS	TIPO	FONTE
POPULAÇÃO/EDIFICADO	Tabular	BRGI (2011) – INE http://mapas.ine.pt/download/index2011.phtml
CURVAS NÍVEL/PONTOS COTADOS	Vetorial	Fornecido pelo Docente
CARTA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	Vetorial	COS (2018) – DGT https://snig.dgterritorio.gov.pt/rndg/srv/por/catalog_search#/hon
REDE HIDROGRÁFICA	Vetorial	SNIAmb (2017) https://sniamb.apambiente.pt/content/geovisualizador?language=pt
REDE VIÁRIA	Vetorial	OpenStreetMap (2021) https://download.geofabrik.de/europe/portugal.html
POSTOS DE VIGIA	Vetorial	CRIF (2011) http://mapas.dgterritorio.pt/wms/crif?language=por&SERVICE=WMS&REQUEST=GetCapabilities&fbclid=IwAR2Cunlo4jlmBMFO9wT4SRuc1LvI0y8QEgFIT94EfbRJeUEUA42l
PONTOS DE ÁGUA	Vetorial	ICNF (2007) https://sig.icnf.pt/portal/home/item.html?id=5edce268aef743d09f1de6913bc770a0
ÁREAS ARDIDAS	Vetorial	ICNF (2015 a 2019) https://sig.icnf.pt/portal/home/item.html?id=983c4e6c4d5b4666b258a3ad5f3ea5af

3. Área de Estudo

Coimbra é um distrito da região Centro de Portugal, este apresenta uma área de 3947 km² e uma população de 429714 habitantes (Censos 2011). Atualmente está inserido na região de Coimbra (NUT III), mas anteriormente estava dividido entre as NUT III Baixo Mondego e Pinhal Litoral Norte. O Distrito de Coimbra é constituído por 17 municípios, sendo eles: 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.

Este Distrito tem como principal característica física o vale do rio Mondego e um relevo muito pronunciado principalmente a sudeste devido à continuação da cordilheira central, em especial as Serras da Lousã e Açor.

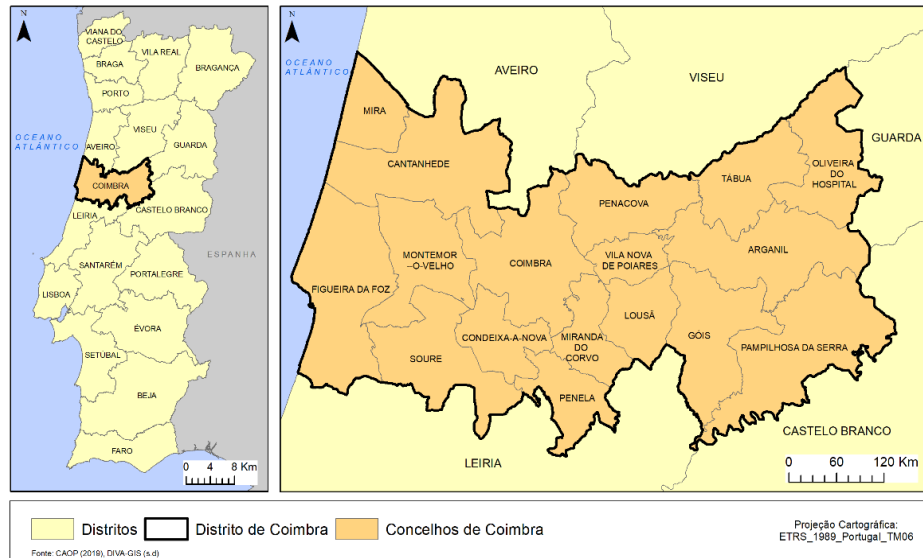


Figura 1- Enquadramento do distrito em estudo;

4. Análise descritiva do Distrito de Coimbra

Através das figuras 2 e 3 pretende-se analisar em que medida o Distrito de Coimbra exhibe um determinado padrão geográfico, assim como procura-se averiguar como as variáveis se relacionam, podendo assim explicar a suscetibilidade demográfica e habitacional relativamente aos incêndios. Como variáveis foram empregues a Densidade Populacional, os Edifícios Vulneráveis (datados antes de 1980), a População Vulnerável e Idosa, que neste caso de estudo foi considerada a população acima dos 65 anos e a Carta de Ocupação do Solo.

A ferramenta *Incremental Spatial Autocorrelation* mede a correlação espacial de uma série de distâncias, em que os picos das distâncias são normalmente apropriados para o uso das outras ferramentas com a *Distance Band*. Como resultado desta ferramenta, foi obtido um pico de 14km de distância para a densidade populacional e para o edificado (figura 3C e 2E). Apesar de também ter sido obtido um pico de 25km para estas variáveis e após algumas tentativas, achou-se mais pertinente o uso de 14km. Para a população >65anos foi obtido um pico de distância de 12km (figura 2H). É de salientar que estes picos obtidos foram utilizados posteriormente na execução das outras ferramentas.

Quanto ao *Directional Distribution*, este fornece informação relativamente à direção e orientação da distribuição. Como resultados da cartografia, é possível compreender que a elipse do desvio padrão tem uma direção constante em todas as variáveis que foi realizado (figura 2A, 2C, 3A) e apresenta-se sempre horizontal, abrangendo principalmente os concelhos centrais. Podendo assim, dizer-se que existe uma tendência direcional da distribuição das variáveis utilizadas no distrito.

O *Spatial Autocorrelation* mede a estrutura ou padrão espacial de um conjunto de dados. Se houver uma tendência para as formas se encontrarem, haverá uma dependência de uma distribuição no espaço, podendo assim constatar-se que existe autocorreção espacial. As variáveis executadas apresentam todas um padrão agregado (figuras 2F, 2I, 3D), podendo assim dizer-se que existe autocorreção espacial. Em que as freguesias próximas são mais semelhantes do que as freguesias mais distantes entre si.

Quanto ao *High/Low Clustering*, este indica se os valores altos ou baixos estão concentrados na área de estudo, sendo assim o z-score positivo quando os atributos se agregam. Neste caso em estudo, para as variáveis em que o mesmo foi executado, todas resultaram em padrões de *high clusters*, isto é, os valores das mesmas concentram-se e são constituídos por valores elevados (figuras 2G, 2J e 3E).

Relativamente à ferramenta *Cluster and Outlier Analysis*, identifica agregações espaciais com valores altos e baixos, assim como a locais distanciados com valores altos (*outliers*). Quanto à variável do Edificado Antigo, é possível observar que existem freguesias agregadas com valores altos no concelho de Coimbra, Vila Nova de Poiares, Lousã e Miranda do Corvo. Tendo assim a presença de valores *Low-High outliers* em que se localizam entre valores altos e baixos. A nordeste do Distrito localiza-se inúmeras freguesias com valores baixos, destacando-se algumas freguesias vizinhas com valores altos (figura 3B). Quanto à variável da densidade populacional (figura 2B), os valores não são distintos da variável anterior, tendo uma tendência muito semelhante, apresentando apenas algumas exceções nas freguesias com valores *Low-high outlier e High-High clusters*.

Na ferramenta *Hot Spot Analysis* cada freguesia é analisada em relação às vizinhas, sendo que os *hot-spots* vão-se localizar em freguesias com valores elevados, estando rodeadas de outras freguesias com valores elevados. Estas freguesias apresentarão um z-score positivo elevado e os *cold-spots* terão valores negativos elevados. A população com mais de 65 anos (figura 2D) concentra-se sobretudo no concelho de Coimbra e nos concelhos orientais circundantes com valores de 99% de confiança. Assim como, no litoral do concelho da Figueira da Foz encontram-se uma freguesia com valores de 99% de confiança e freguesias com 95% e 90% de confiança. Os *cold-spots* localizam-se principalmente a nordeste do Distrito, nos concelhos de Tábua, Oliveira do Hospital e Arganil. Quanto à Carta de Ocupação do Solo (figura 3F) esta é principalmente constituída por área florestal e apresentam um padrão

geográfico distribuído, tendo sido obtido *Random* pela ferramenta *Spatial Autocorrelation* (figura 3G).

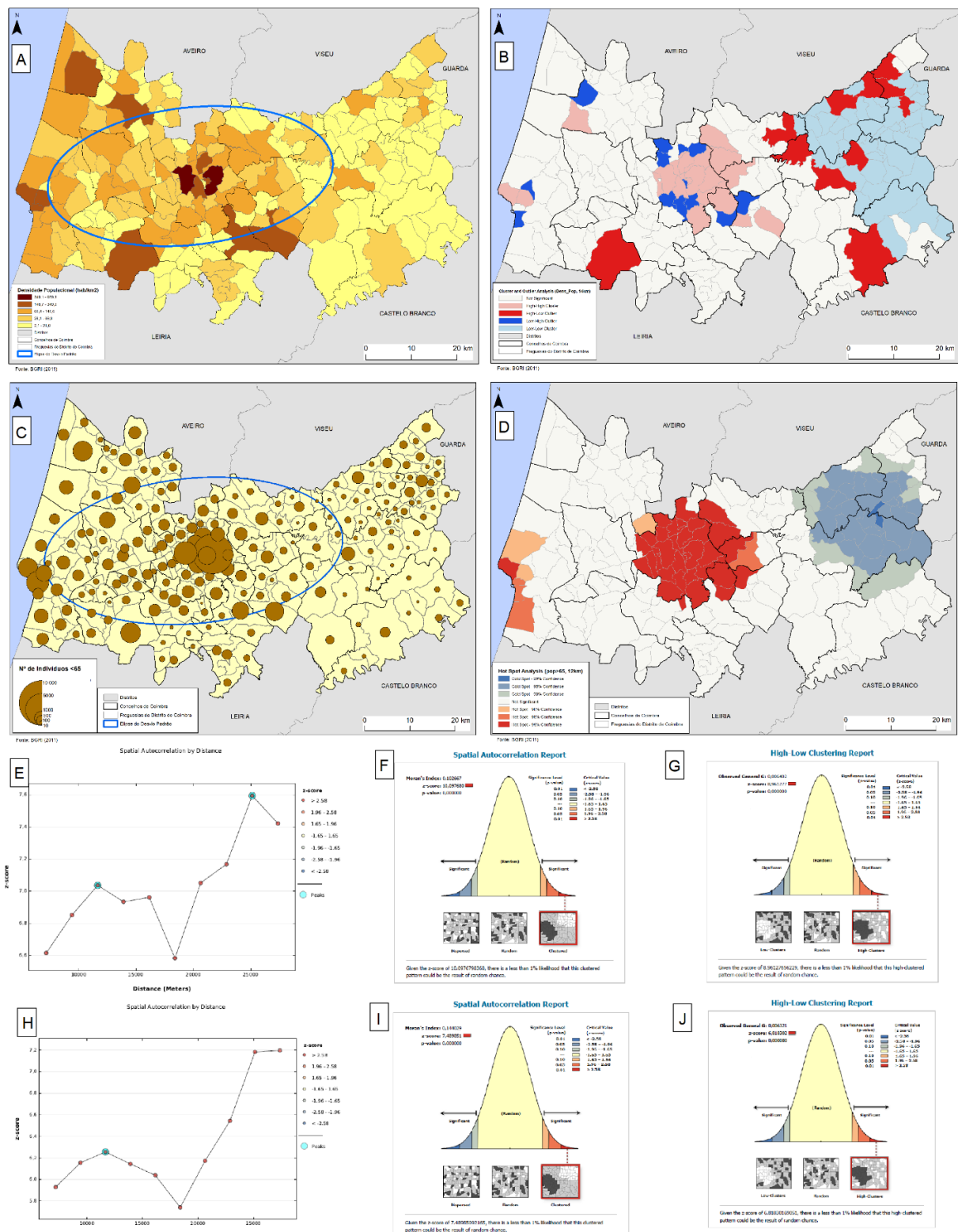
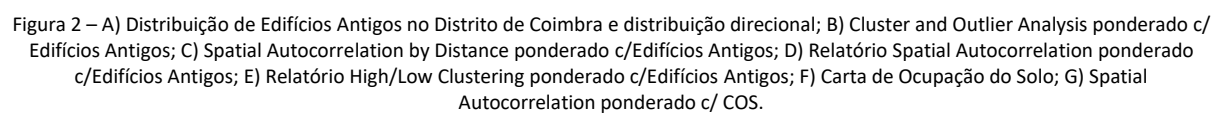


Figura 3 – A) Densidade Populacional do Distrito de Coimbra e distribuição direcional; B) Cluster and Outlier Analysis ponderado c/ Densidade Populacional; C) Distribuição de População Idosa no Distrito de Coimbra e distribuição direcional; D) Hot Spot Analysis ponderado c/ População Idosa; E) Spatial Autocorrelation by Distance ponderado c/ Densidade Populacional; F) Relatório Spatial Autocorrelation ponderado c/ Densidade Populacional; G) Relatório High/Low Clustering ponderado c/ Densidade Populacional; H) Spatial Autocorrelation by Distance ponderado c/ População Idosa; I) Relatório Spatial Autocorrelation ponderado c/ População Idosa; J) Relatório Spatial Autocorrelation ponderado c/ População Idosa.



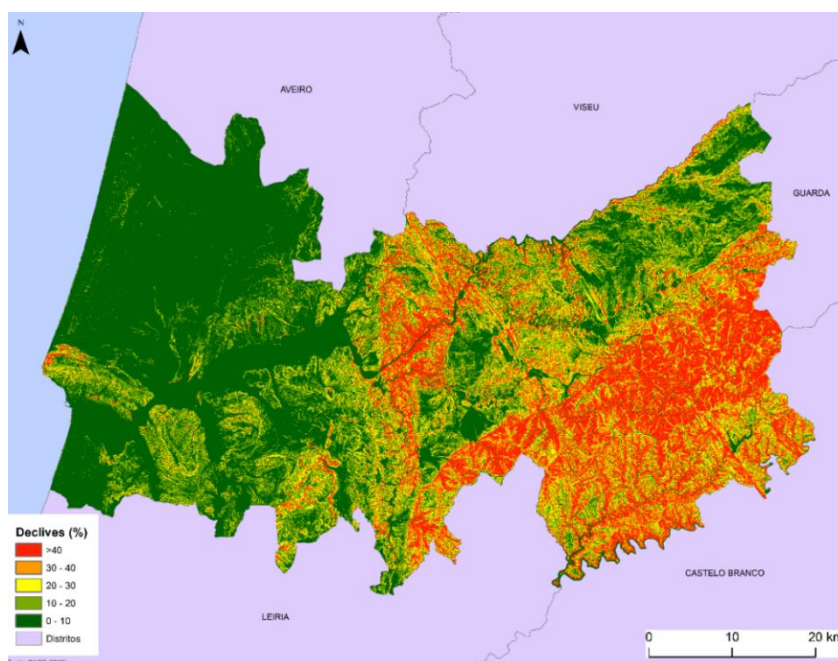
5. Análise Multicritério (AMC)

A modelação da suscetibilidade populacional e habitacional quanto aos incêndios desenvolveu-se através de uma técnica de avaliação de vários critérios sobrepostos (AMC). Esta foi desenvolvida e fundamentada com base na metodologia de Antunes *et al.* (2011) (anexo 1), no entanto foram feitas algumas alterações dado a falta de dados para certas variáveis. As variáveis selecionadas foram: Declives, Exposição de Vertentes, Rede Hidrográfica, Ocupação do Solo, Densidade demográfica, Proximidade à Rede Viária, Visibilidade de Postos de Vigia, Distância aos Pontos de Água e Histórico de Incêndios.

6. Análise das Variáveis

6.1- Declives

O declive influencia a progressão dos incêndios florestais, na medida em que quanto maior é o declive, mais depressa o fogo se propaga. Isto por aquecimento de combustíveis acima na vertente, assim como por ser fator potenciador do vento (Verde, 2008). Este foi classificado com as subclasses e valores atribuídos na metodologia base. Através da figura 4, é notório declives bastante acentuados (>40) sendo principalmente a Sudeste e Este do distrito em grosso modo nos concelhos Pampilhosa da Serra, Góis, Arganil Lousã, correspondendo no fundo às elevações das serras do Açor e Lousã, assim como no centro identifica-se uma concentração de valores de declive elevados. Os declives menores concentram-se principalmente a Ocidente do Distrito, portanto o risco de propagação é menor.

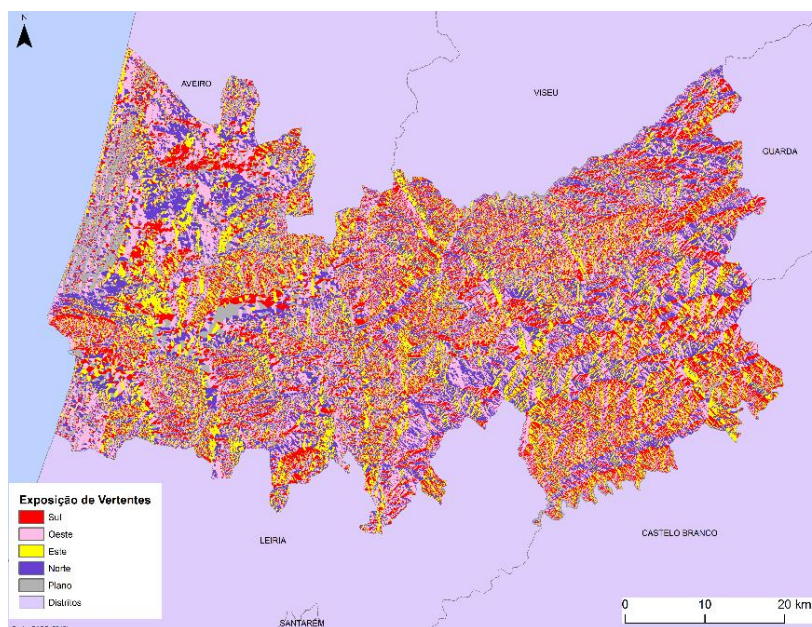


Subclasses	> 40%	30-40%	20-30%	10-20%	0-10%
Valor	210	140	47	24	8

Figura 2- Mapa de declive e respetiva tabela de ponderação;

6.2- Exposição de Vertentes

A orientação/exposição de vertentes é importante para este estudo, na medida em que as encostas expostas a Sul e Sudoeste recebem maiores valores de insolação e, portanto, a temperatura destas vertentes será maior (Freire, 2002). É possível observar na figura 5 que a maioria das vertentes se encontra voltada para Oeste, seguindo-se as vertentes voltadas para Norte.

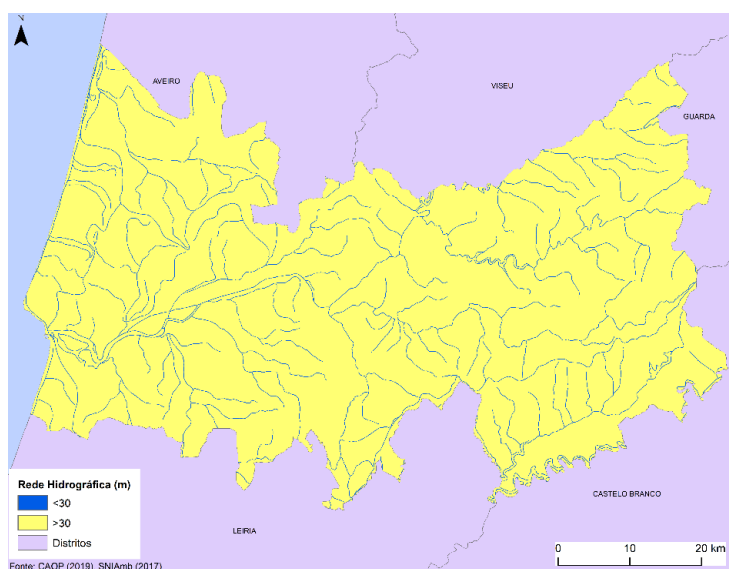


Subclasses	Sul	Oeste	Este	Norte	Plano
Valor	50	34	13	4	0

Figura 3- Exposição de Vertentes e respetiva tabela de ponderação

6.3- Rede Hidrográfica

Relativamente à influência da Rede Hidrográfica, esta impede a propagação do fogo, ajudando assim no controle dos incêndios florestais. Sendo que vai apresentar maior importância, os cursos de água com um comprimento maior de 30m. O Distrito de Coimbra é constituído por parte da bacia do Rio Mondego, o que tem uma certa importância nesta temática.

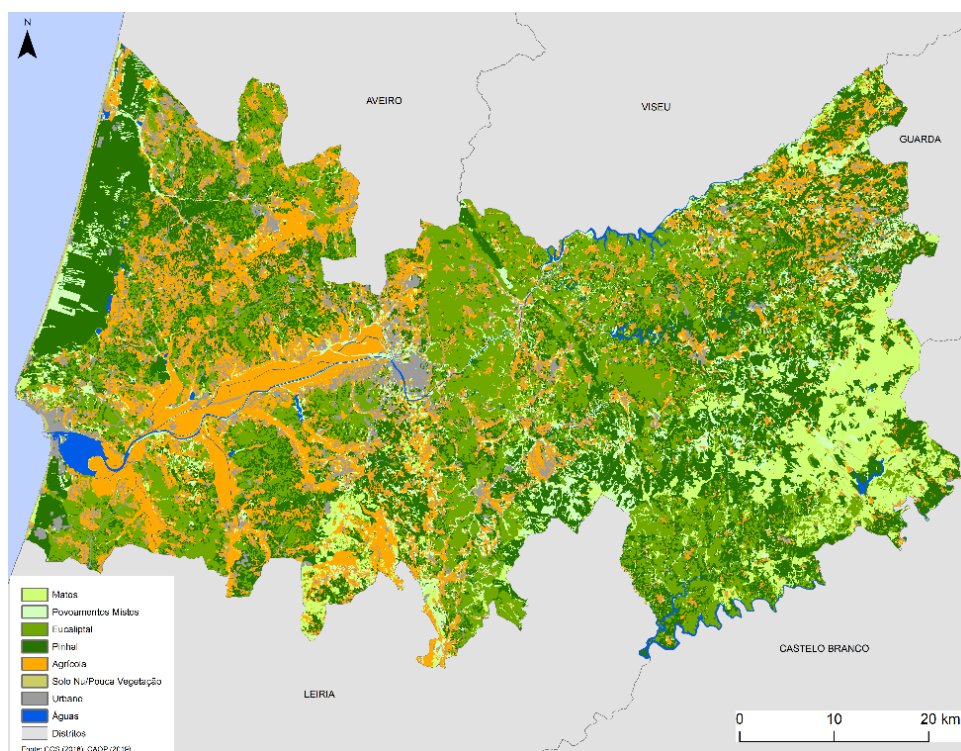


Subclasses	< 30m	> 30m
Valor	0	40

Figura 4- Rede Hidrográfica e respetiva tabela de ponderação;

6.4- Ocupação do Solo

A variável da Ocupação do Solo vai influenciar a Suscetibilidade na medida em que, o tipo de cobertura vegetal vai tornar a área mais suscetível à ignição e propagação de incêndios florestais. Como foi referido anteriormente, o Distrito de Coimbra apresenta uma grande parte da área coberta por florestas, matos e áreas agrícolas o que vai ter um peso muito elevado na modelação da suscetibilidade do distrito. Através da Figura 7 é possível observar que as subclasses Pinhal (com um peso de 236), Eucaliptal (com um peso de 413), Agrícola (com um peso de 177) e Matos (com um peso de 530) são as mais destacadas sendo que também são as que apresentam maior número de pixéis pela respetiva ordem referida.

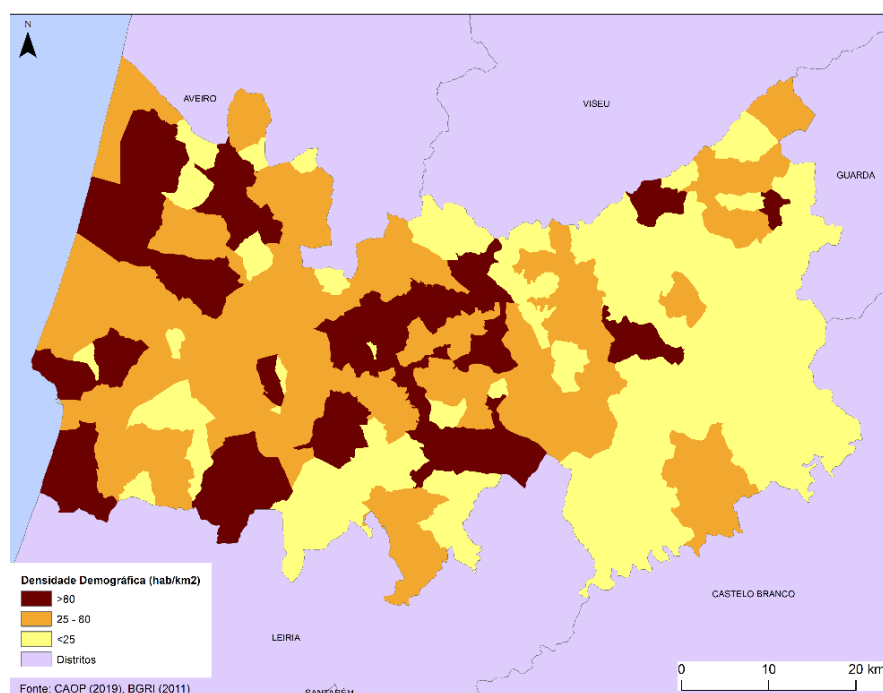


Subclasses	Matos	Povoamentos Mistos	Eucaliptal	Pinhal	Agrícola	Solo Nu/Pouca Vegetação	Urbano
Valor	530	472	413	236	177	59	9

Figura 5- Ocupação do Solo e respetiva tabela de ponderação;

6.5- Densidade demográfica

Quanto à influência da densidade demográfica, esta pode aumentar a suscetibilidade através da concentração demográfica populacional (>80 habitantes por km^2), assim como, por outro lado uma menor a concentração populacional também induzir no provável abandono da habitação, resultando por exemplo, em áreas sem limpeza de mato. Através da figura 8 é possível afirmar que apresentam uma certa distribuição das concentrações demográficas sendo que o maior peso da variável aparece principalmente no centro e oeste do distrito.

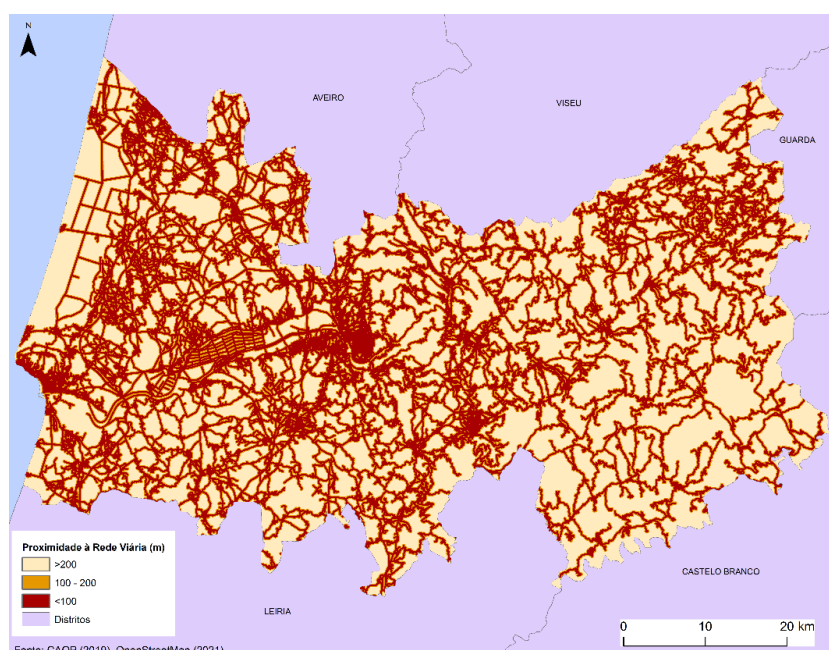


Subclasses	< 25 hab/km	25 – 80 hab/km2	> 80 hab/km2
Valor	8	20	40

Figura 6- Densidade Populacional e respetiva tabela de ponderação;

6.6- Proximidade à Rede Viária

A variável Rede Viária pode influenciar tanto positivamente como negativamente a ignição e propagação de incêndios. Isto porque, a proximidade à Rede Viária pode auxiliar na acessibilidade ao combate e prevenção dos incêndios florestais, assim como esta também pode funcionar uma espécie de "corte" na propagação do fogo. Por outro lado, a proximidade pode estar associada com a origem do incêndio pois estes normalmente estão relacionados com fatores antrópicos (origem criminosa). Através da figura 9 é possível observar que o Distrito apresenta uma rede vasta de estradas com <100m, principalmente no centro, apresentando assim uma suscetibilidade bastante elevada para a propagação de incêndios.



Subclasses	< 100m	100 – 200m	>200m
Valor	35	16	7

Figura 7- Proximidade à Rede Viária e respetiva tabela de ponderação;

6.7- Visibilidade dos Postos de Vigia

Quanto à variável da visibilidade dos Postos de Vigia esta apresenta importância para o tema em estudo pois é através das observações feitas nos postos de Vigia que se pode prevenir e combater as ignição e propagação dos incêndios florestais. Através da Figura 10 é possível afirmar que de grosso modo o distrito de Coimbra apresenta extensas áreas em que o terreno está oculto nos Postos de Vigia, principalmente na parte oriental do distrito. Isto leva a que aumento o risco de ignição e propagação de incêndio nas áreas em que não há visibilidade. Na parte Ocidental de Coimbra, também devido ao relevo menos acentuado, esta apresenta de grosso modo uma extensa área que é visível por 3 ou mais postos.

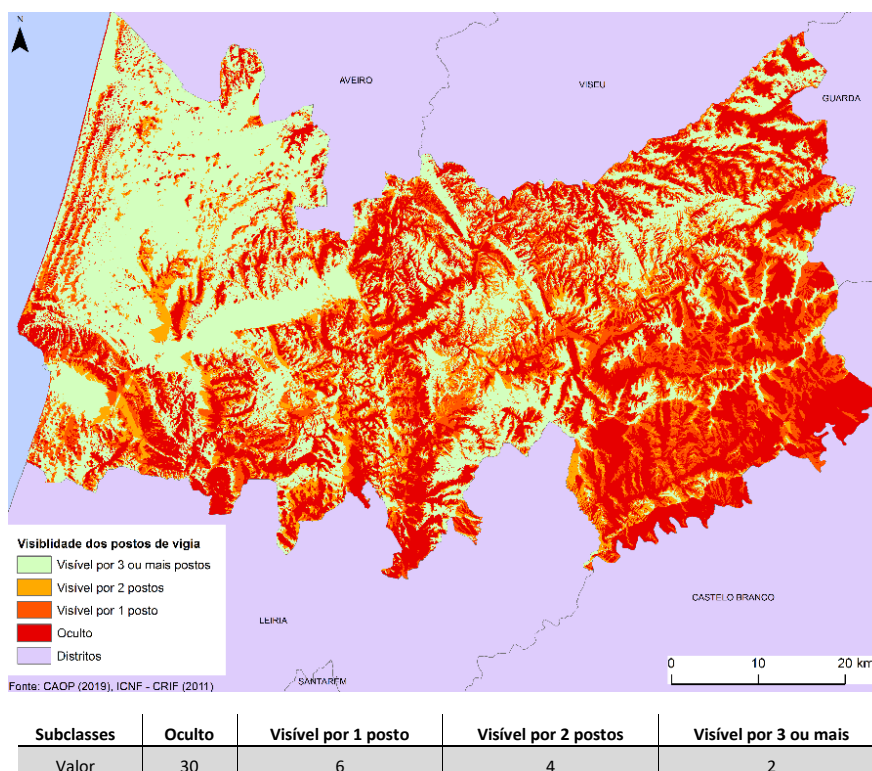
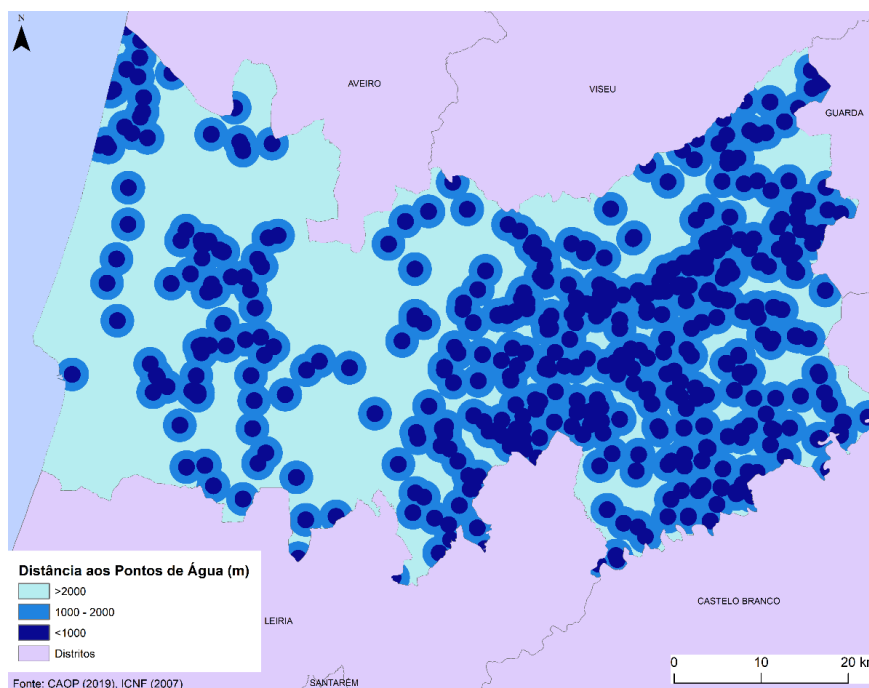


Figura 8- Visibilidade dos postos de Vigia e respetiva tabela de ponderação;

6.8- Distância aos Pontos de Água

Relativamente à distância aos Pontos de Água, esta variável é relevante na medida em que auxilia a população e meios rodoviários no combate aos incêndios. Através da figura 11 é possível determinar que a parte Oriental de Coimbra, está bem provida de Pontos de Água, com vários pontos a menos de 1000m. Já a parte Ocidental de Coimbra contém menor número de Pontos de Água menos de 1000 apresentando uma extensa área com pontos a mais de 2000m.

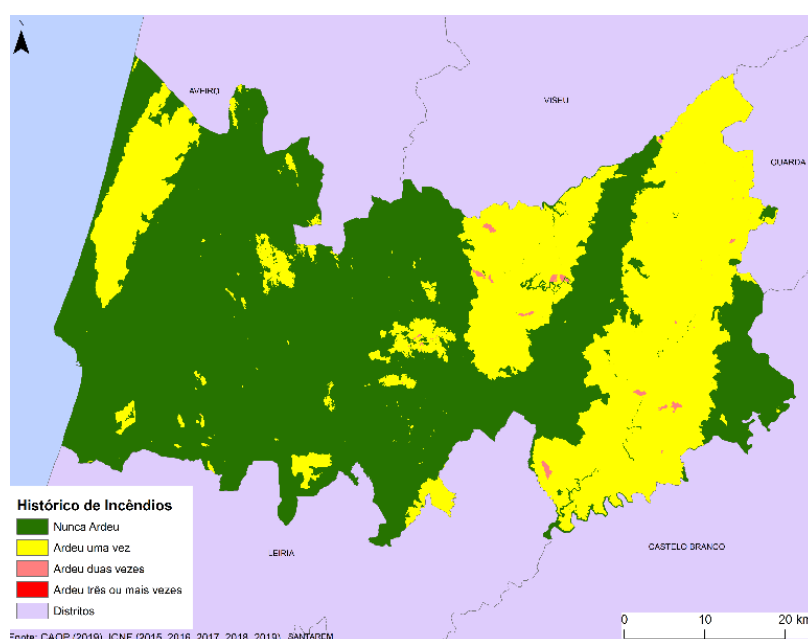


Subclasses	< 1000m	1000 – 2000m	2000 – 3000m
Valor	10	40	75

Figura 9- Distância aos Pontos de Água e respetiva tabela de ponderação;

6.9- Histórico de Incêndios

Quanto ao Histórico de Incêndios, esta variável fornece informação acerca dos incêndios anteriores numa determinada área. Sendo que as áreas onde já ardeu anteriormente, apresentarão maior probabilidade de arder novamente, assim como o perímetro envolvente. Através da figura 12 é possível observar que já uma grande parte de Coimbra ardeu pelo menos uma vez, nomeadamente uma grande parte oriental do distrito e uma parte ocidental. Também são identificados locais onde ardeu pelo menos duas vezes incluída na área onde ardeu pelo menos duas vezes. Os locais onde ardeu três ou mais vezes correspondem exatamente a 33 pixéis, que corresponde a uma área localizada no concelho de Oliveira do Hospital.



Subclasses	Nunca ardeu	Ardeu uma vez	Ardeu duas vezes	Ardeu três ou mais vezes
Valor	0	30	70	162

Figura 10- Histórico de Incêndios e respetiva tabela de ponderação;

7. Mapa de Suscetibilidade

Relativamente ao Mapa de Suscetibilidade obtido, este corresponde ao resultado esperado após a análise conjunta de todas as variáveis. Isto é, as áreas onde foi apresentada maior risco de ignição e propagação dos incêndios florestais ao longo da descrição das variáveis aplicadas foram de grosso modo a parte SE do Distrito (figura 13), a área central e uma pequena parte do litoral mais especificamente onde está localizada a Serra da Boa Viagem. As áreas com menor suscetibilidade correspondem essencialmente a áreas onde percorrem cursos de água, como é possível observar pela figura 13, a cor verde associada ao percurso do Mondego. Os valores mais acentuados na parte oriental de Coimbra estão principalmente associados a área de Matos, Povoamentos Mistos e Pinhal com declives abruptos, ocultos em termos de visibilidade, com vertentes direcionadas para Sul e já ardeu anteriormente.

Quanto aos valores na parte central do distrito correspondem particularmente a áreas com coberto vegetal eucaliptal, com uma elevada densidade populacional, com partes do terreno ocultas ou vistas por apenas um posto de vigia, muito próximas à rede viária (menos de 100m), com uma distância aos pontos de água maior que 2km.

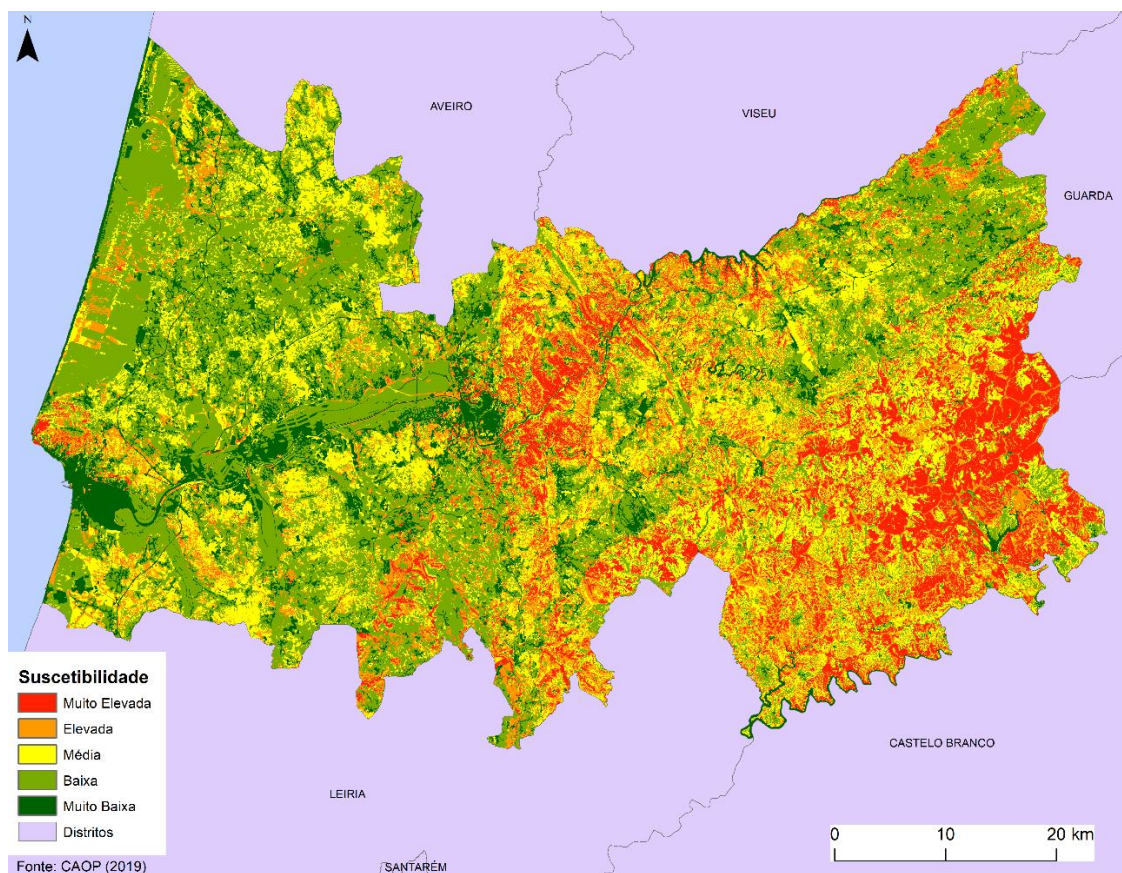


Figura 11- Mapa de Suscetibilidade do Distrito de Coimbra

Quanto às tabelas 2 e 3, relativas à atribuição de pesos (Matriz de Comparação) e à normalização dos valores, necessárias para a realização da AMC pois as variáveis apresentam-se em diversos tipos de escalas. Como foi referido anteriormente, os valores utilizados como peso de ponderação de cada variável corresponde à metodologia de Antunes *et al.*, (2011) sendo este um método AHP (Processo Analítico Hierárquico).

Tabela 2- Matriz de Comparação;

CRITÉRIOS	dec	rede	viária	solo	densp	exposi	hi	vigia	pagua
Declives (dec)	1,00	5,26	5,88	0,40	5,26	4,17	1,30	7,14	2,78
Rede Hidrográfica (rede)	0,19	1,00	1,14	0,08	1,00	0,80	0,25	1,33	0,53
Rede Viária (viária)	0,17	0,88	1,00	0,07	0,88	0,70	0,22	1,18	0,47
Ocupação do solo (solo)	2,52	13,25	15,14	1,00	12,50	11,11	3,23	16,67	7,14
Densidade demográfica (densp)	0,19	1,00	1,14	0,08	1,00	0,80	0,25	1,33	0,53
Exposição de Vertentes (exposi)	0,24	1,25	1,43	0,09	1,25	1,00	0,31	1,67	0,67
Histórico de incêndios (hi)	0,77	4,05	4,63	0,31	4,05	3,24	1,00	5,26	2,17
Postos de Vigia (vigia)	0,14	0,75	0,85	0,06	0,75	0,60	0,19	1,00	0,40
Pontos de água (pagua)	0,36	1,88	2,14	0,14	1,88	1,50	0,46	2,50	1,00
Soma	5,58	29,32	33,35	2,22	28,57	23,92	7,19	38,08	15,69

Tabela 3- Matriz de Normalização;

CRITÉRIOS	dec	rede	viária	solo	densp	exposi	hi	vigia	pagua	Produto	VP (w)
Declives (dec)	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,17	0,18	0,19	0,18	0,18	0,18
Rede Hidrográfica (rede)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03
Rede Viária (viária)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Ocupação do solo (solo)	0,45	0,45	0,45	0,45	0,44	0,46	0,45	0,44	0,46	0,45	0,45
Densidade demográfica (densp)	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03
Exposição de Vertentes (exposi)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Histórico de incêndios (hi)	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Postos de Vigia (vigia)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Pontos de água (pagua)	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06
Soma	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

8. Análise da Classe de Maior Suscetibilidade

8.1- Área de maior suscetibilidade pelas diversas classes de uso do solo

Como foi referido anteriormente, a Ocupação do Solo apresenta um maior peso no cálculo da suscetibilidade aos incêndios florestais. Isto deve-se ao facto de certas subclasses apresentarem um grande risco de incêndio florestal. Dessa forma, para ter conhecimento das áreas de maior suscetibilidade pelas diversas classes foi realizado o seguinte: *Zonal Statistics as Table* entre o *raster* das áreas de maior suscetibilidade com o *raster* da Carta de Ocupação do Solo. As classes que apresentaram maior área foram Matos com 74%, Povoamentos Mistos com 18% e Eucaliptal com 8% das áreas de maior suscetibilidade.

Tabela 4- Classes da COS mais relevantes;

VALUE	CLASSE	ÁREA	PERCENTAGEM
4	Matos	3334643000	74%
5	Povoamentos Mistos	321517200	18%
8	Eucaliptal	1013639800	8%

8.2- Comparação da área ardida nos últimos 5 anos (2015-2019) com as áreas classificadas como de maior suscetibilidade

Relativamente ao histórico de área ardida, este é importante na medida em que determina onde houve incêndios florestais com mais frequência, aumentando assim a probabilidade de ocorrer um incêndio novamente.

Para a realização deste exercício foi necessário, juntar no *Raster Calculator* todas os anos de área ardida e posteriormente reclassificar o *raster* global. De seguida foi feito um *Zonal Statistics as Table* com o *raster* das áreas ardidas ponderado com as áreas de maior suscetibilidade. Finalmente, foi criado um campo e calculada a percentagem de cada classe.

A percentagem obtida de área que não ardeu relativamente às áreas de maior suscetibilidade é de 38,6%, já a percentagem de área ardida é de 61,4% ($60,655344 + 0,7900005$). Sendo assim possível concluir que em mais de metade das áreas de elevada suscetibilidade já ocorreram incêndios florestais.

Tabela 5- Área e Percentagem das Classes do Histórico de Áreas Ardidas

VALUE	ÁREA	PER
0	2537625700	38,554651
30	1421458000	60,655344
70	9881500	0,7900005
162	3300	0

8.3- Número total de habitantes e edifícios abrangidos pelas áreas de maior suscetibilidade e respetiva percentagem de habitantes idosos (acima de 65 anos) e edifícios com mais de 50 anos

É necessário ter a noção de onde a população vulnerável e idosa, assim como o edificado mais vulnerável se localiza, isto devido ao risco que os incêndios florestais colocam para estes.

Para a realização deste exercício foi necessário a BGRI (2011) com os dados relativos à população e edificado como risco de incêndio. De seguida, foram convertidas as áreas suscetíveis para polígono e interseçadas com a BGRI. Posteriormente, procedeu-se à criação de vários campos na tabela de atributos, para o cálculo da área, para cada variável ponderada e para as respetivas percentagens. Para o cálculo do valor ponderado pela área foi utilizado o método *Areal Weighting*.

O número total de habitantes que é abrangido pelas áreas de maior suscetibilidade é de 9527, sendo que 24,7% de habitantes idosos. Quanto ao número total de edifícios abrangidos

pelas áreas de maior suscetibilidade, este é de 3139, sendo que 60,1% são edifícios com mais de 50 anos.

8.4- Localização das corporações de bombeiros do distrito e análise da distância das corporações às áreas de maior suscetibilidade

O tempo de deslocação é um fator muito importante no que toca ao combate de incêndios florestais, sendo que é preciso ter em conta os valores referentes à distância às áreas mais suscetíveis, para um combate aos incêndios com maior eficiência.

Através da reclassificação feita anteriormente às áreas mais suscetíveis, juntamente com a rede viária e os dados relativos às Corporações de Bombeiros de Coimbra foi possível realizar um *Cost Distance*. Isto com a finalidade de ter conhecimento das distâncias entre os quartéis de bombeiros e as áreas mais suscetíveis. Os valores obtidos foram os seguintes: 120m como distância mínima, 45km como distância máxima e como distância média de 19km. Através da figura 14 é possível afirmar que o centro do Distrito se apresenta mais provido de quartéis, assim como o NE de Coimbra. A parte SE de Coimbra apresenta-se muito pouco munido tendo em conta a extensa área suscetível existente, o que poderá estar relacionado com o histórico de área ardida.

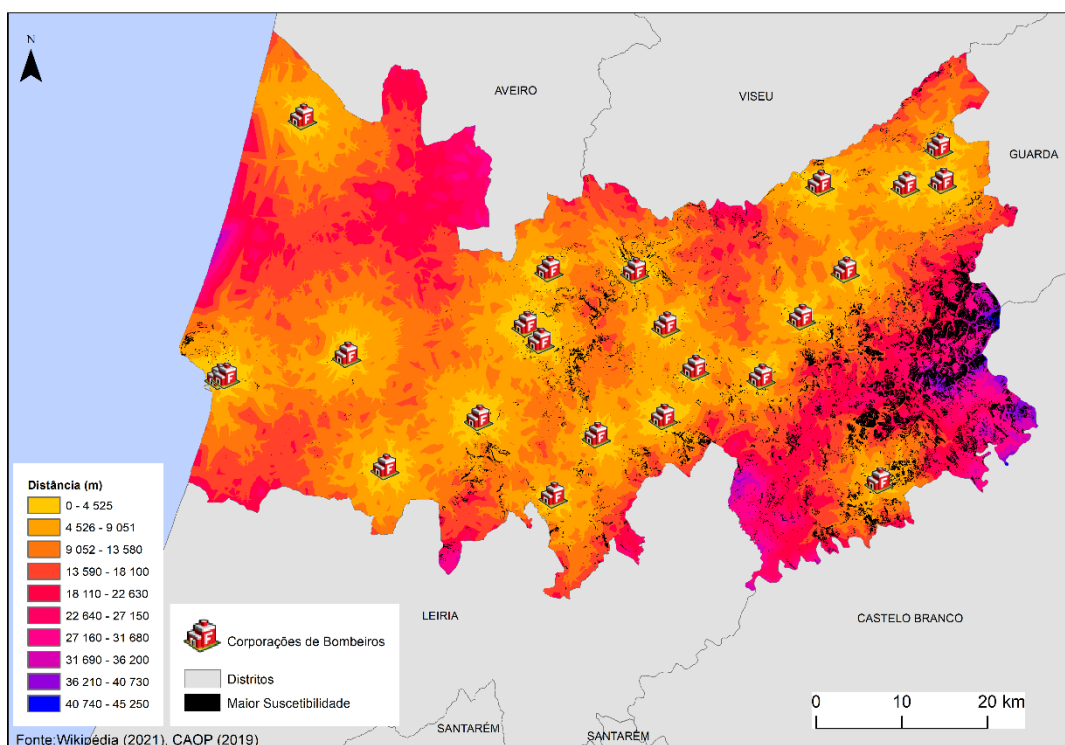


Figura 12- Localização e distância das Corporações de Bombeiros de Coimbra em relação às áreas mais suscetíveis;

8.5- Orçamento necessário para a limpeza dos terrenos do distrito

O valor de limpeza dos terrenos pode variar entre os 350 e os 1200 euros/ha, assim sendo, foi calculado o valor máximo e mínimo de orçamento. O **valor mínimo corresponde a 36055777,14 milhões de euros** e o **valor máximo a 123619807,36 milhões de euros**. Para a obtenção do orçamento de limpeza dos terrenos foi necessário usar a subclasse da COS (Tecido urbano) e a rede viária, utilizando a ferramenta *Buffer* para cada uma. Sendo que para a subclasse foi utilizada uma distância de 100m e para as estradas de 10m. Seguidamente foi criado um campo na tabela de atributos e calculada a área em hectares, mais dois campos para o valor mínimo e máximo, procedendo-se aos respetivos cálculos.

9. Considerações Finais

De acordo com os dados obtidos, é possível afirmar que foi realizado com sucesso a avaliação do risco florestal com a utilização de variáveis físicas e sociais. Sendo possível tirar as seguintes conclusões sobre a suscetibilidade aos incêndios florestais no Distrito de Coimbra: as variáveis sociais têm um grande peso no risco de incêndio na medida em que, principalmente os edifícios antigos localizam-se em grande número nas áreas com maior suscetibilidade de incêndio. As variáveis físicas como os declives, as classes da ocupação do solo, juntamente com as áreas ardidas apresenta-se como os fatores mais explicativos dos elevados valores de suscetibilidade. Assim como, as classes da ocupação do solo que apresentam maior peso de ponderação na AMC são as mais presentes nas áreas de elevada suscetibilidade, mais de metade das áreas com elevado risco de incêndio já arderam anteriormente.

Através da análise das variáveis, também foi possível compreender melhorias a ser feitas por parte da administração do Distrito de Coimbra para aumentar a eficácia ao combate dos incêndios florestais. Como o reforço dos postos de Vigia, com principal necessidade no SE do Distrito, onde se concentra grande parte das áreas de elevada suscetibilidade com uma extensa área oculta através dos postos. Outro ponto a melhor é o reforço das corporações de Bombeiros, com maior necessidade no SE do Distrito, isto para diminuir a distância às áreas mais suscetíveis aos incêndios. Finalmente, é de salientar a limpeza dos terrenos, que apesar do alto orçamento deve ser realizada pois como foi referido anteriormente, os matos no distrito englobam mais de metade das áreas de maior risco de incêndio.

10. Referências Bibliográficas

Antunes, C., Viegas, D. X., & Mendes, J. M. (2011). Avaliação do Risco de Incêndio Florestal no Concelho de Arganil. *Silva Lusitana*, 19(2).

ISA (2005) Proposta Técnica do Plano Nacional de Defesa da Floresta Contra Incêndios. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa.

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.

Matos, F. D. R. M. (2012). Estudo comparativo do desempenho de índices de perigosidade de incêndio florestal.

Verde, J. C. (2010). *Avaliação da perigosidade de incêndio florestal* (Doctoral dissertation).

Verde, J.; Zêzere, J.L. (2007) - Avaliação da perigosidade de incêndio florestal. *Actas do VI Congresso da Geografia Portuguesa*, Lisboa (no prelo)

Wikipédia (2021) Lista de Corporações de Bombeiros de Portugal. Retirado
https://pt.wikipedia.org/wiki/Lista_de_corpora%C3%A7%C3%B5es_de_bombeiros_de_Portugal

ANEXOS

Anexo 1- Tabela de ponderação de variáveis. Adaptado de Antunes *et al.*, (2011)

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
Interface Urbano/Florestal		100	7,08%	Urbano	9
				Densidade Baixa	20
				Densidade Média	50
				Densidade Alta	100
Densidade demográfica		40	2,83%	< 25 hab/km²	8
				25 - 80 hab/km²	20
				> 80 hab/km²	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				
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