

**Universidade do Porto**  
**Faculdade de Letras**

Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território  
Análise Espacial e Ordenamento do Território  
2020/2021

**Análise Espacial:**

Análise de suscetibilidade demográfica e habitacional  
aos incêndios, no distrito da Guarda

**Docentes:** Miguel Saraiva  
**Discentes:** Paula Leite

## Índice

Introdução .....	3
Área de estudo .....	3
Estatística Espacial.....	5
Ponto Médio e Distribuição Direcional (Measuring Geographic Distributions) .....	6
Análise de Padrões .....	7
Autocorrelação Espacial (Moran's I) .....	7
Moran's I .....	7
Incremental Spatial Autocorrelation.....	9
Recálculo dos Moran's I com os valores anteriores .....	10
High/Low Clustering.....	11
Mapping Clusters .....	12
Análise de Hot-Spot .....	12
Análise de Hot-Spot – Optimizada .....	13
Cluster e Outlier Analysis .....	13
Análise Multicritério .....	14
Passos:.....	14
Definir o Problema: .....	14
Determinar os critérios: .....	14
Normalizar os fatores:.....	15
Determinar os pesos de cada fator: .....	17
Resultados.....	18
Distribuição das áreas de maior suscetibilidade (> 0,7) pelas diversas classes de uso do solo: .....	18
Comparação entre a área ardida nos últimos 5 anos (2015-2019) com as áreas classificadas como de maior suscetibilidade: .....	19
Número total de habitantes abrangidos por estas áreas de maior suscetibilidade, e a percentagem de habitantes idosos (acima de 65 anos):.....	20
Número total de edifícios abrangidos pelas áreas de maior suscetibilidade, e a percentagem de edifícios com mais de 50 anos: .....	20
Análise da distância das corporações de bombeiros às áreas de maior suscetibilidade e as suas áreas de influência:.....	20
Calcular o orçamento necessário para a limpeza dos terrenos: .....	22
Conclusão .....	23
Referências Bibliográficas.....	23

## **Introdução**

A análise espacial é “um paradigma de investigação que providencia um conjunto único de técnicas e métodos para analisar eventos (...) que se localizam no espaço geográfico” (Fischer, 2001 in Saraiva, 2021). Esta tipologia de análise é considerada “um tipo de análise geográfica que procura entender padrões de comportamento humano e as suas expressões espaciais em termos de matemática e geometria” (Mayhew, 2015 in Saraiva, 2021). Sendo um “processo interativo de exploração interativa e visualização de mapas e dados” (ESRI, s/d in Saraiva, 2021).

Após esta breve introdução bibliográfica, o presente relatório, realizado no âmbito da unidade curricular “Análise Espacial e Ordenamento do Território, visa explorar algumas das técnicas de análise espacial existentes, com a finalidade de se realizar uma análise de suscetibilidade demográfica e habitacional aos incêndios, no distrito da Guarda.

Primeiramente, realizou-se a caracterização da área de estudo, tendo como foco as características topográficas e hidrográficas da região, a densidade populacional, os declives das vertentes e a ocupação do solo. De seguida, elaborou-se alguns exemplos de estatística espacial, entre eles, a existência ou não de autocorrelação espacial em determinadas variáveis, a análise de hot-spots, entre outros. E por fim, concebeu-se uma análise multicritério, com o objetivo de se localizar as áreas mais suscetíveis aos incêndios e quantificar a população e os edifícios mais afetados.

## **Área de estudo**

O distrito da Guarda, localiza-se entre a Região Norte e a Região Centro de Portugal, sendo constituído por 14 municípios. Encontra-se delimitado a Oeste por Viseu e Coimbra, a Norte por Bragança, a este por Espanha e a Sul por Castelo Branco.

Ao longo dos seus 5535 km<sup>2</sup> de área, destacam-se dois importantes cursos de água, o rio Côa e o rio Mondego. No que concerne às altitudes, o distrito em estudo possui uma altitude máxima de 1993 m, referente à Serra da Estrela e ao seu cume mais elevado, e 48m de altitude mínima, relativa ao fundo dos vales dos rios.

Estreitamente relacionado com as altitudes, surge a caracterização dos declives das vertentes, o distrito da Guarda caracteriza-se por deter na sua maioria declives suaves a moderados (0-10°) e moderadamente acentuados (10-20°), os restantes declives localizam-se maioritariamente nas vertentes dos vales dos rios e nas vertentes da elevação montanhosa da Serra da Estrela, tal como se verifica na figura 1.

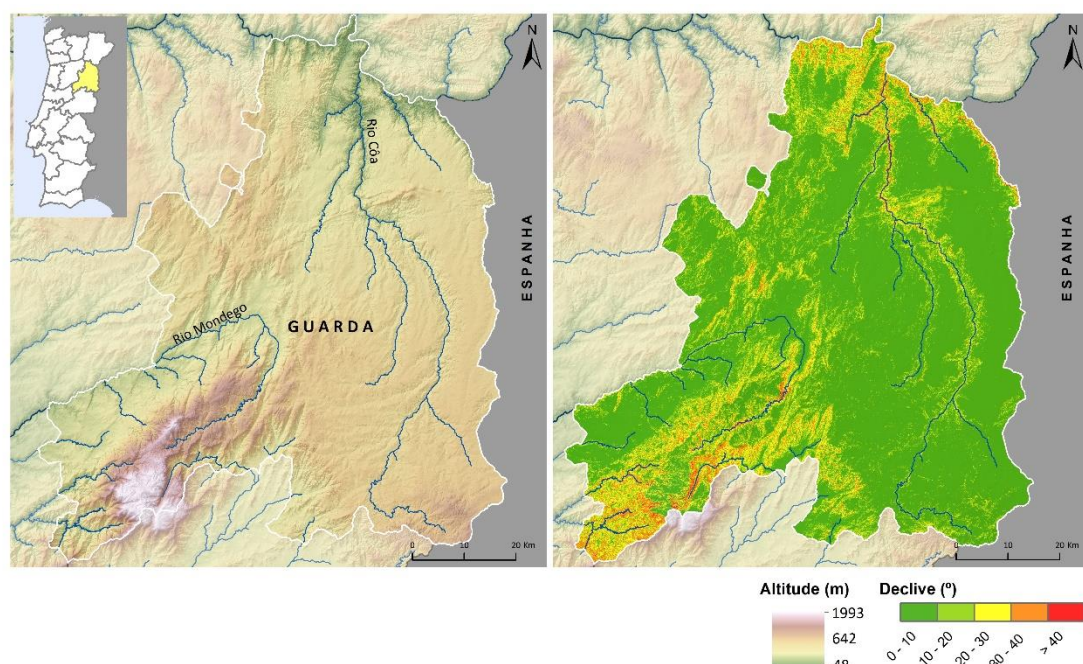


Figura 1- Altimetria da área de estudo e a caracterização dos declives das vertentes (em graus) (Fonte: CAOP, 2019; Copernicus, 2021; DivaGis, 2021; IGEOE, 1992,1993, 1994, 1997, 1998, 1999, 2020).

No que concerne à ocupação do solo (tabela 1), o distrito da Guarda é composto maioritariamente por Agricultura (33%), por Matos (28%), por Povoamentos Mistos – Áreas florestais (17%) e por Florestas de Eucalipto (15%).

Tabela 1- Ocupação do solo, em percentagem (Fonte: COS, 2018).

Classes	%
Territórios artificializados	2,07
Agricultura	33,41
Povoamentos mistos	17,28
Florestas de eucalipto	0,61
Florestas de pinheiro	15,16
Matos	28,41
Espaços descobertos ou com pouca vegetação	2,61
Zonas húmidas	0,46

Relativamente à densidade populacional, a Guarda caracteriza-se por ser um distrito com baixas densidades populacionais (0-50 hab/km<sup>2</sup>), contudo pela positiva destacam-se as seguintes freguesias: Guarda, Fiães, Infias, Vila Fernando, Arcozelo, Nespereira, Arrifana, Gouveia e Fornos de Algodres, com densidades que variam entre os 323 e os 4273 hab/km<sup>2</sup>.

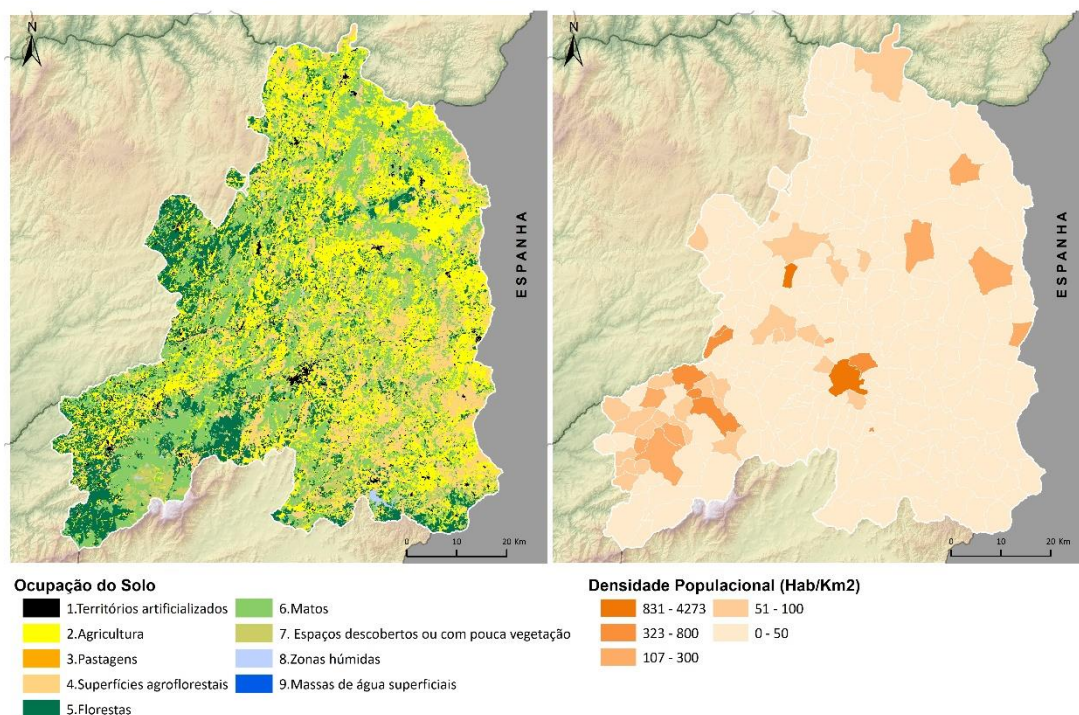


Figura 2- Ocupação do Solo e a Densidade Populacional (Fonte: CAOP, 2019; DivaGis, 2021; IGEOE, 1992,1993, 1994, 1997, 1998, 1999, 2020; COS, 2018; INE, 2011).

### Estatística Espacial

A figura 3 e 4, retratam o número de indivíduos por subsecção, o nº de indivíduos idosos (>65), o nº de edifícios e o nº de edifícios antigos (até 1980), variáveis utilizadas nos exercícios de estatística espacial, abaixo descritos. Para além destas, incluiu-se ainda a densidade populacional à subsecção.

A figura 3, refere-se ao nº total de edifícios, onde se constata a predominância de 0 a 50 edifícios por subsecção e refere-se ainda, ao nº de edifícios anteriores a 1980, onde se verifica claramente que prevalecem apenas 0 a 10 edifícios antigos por subsecção.

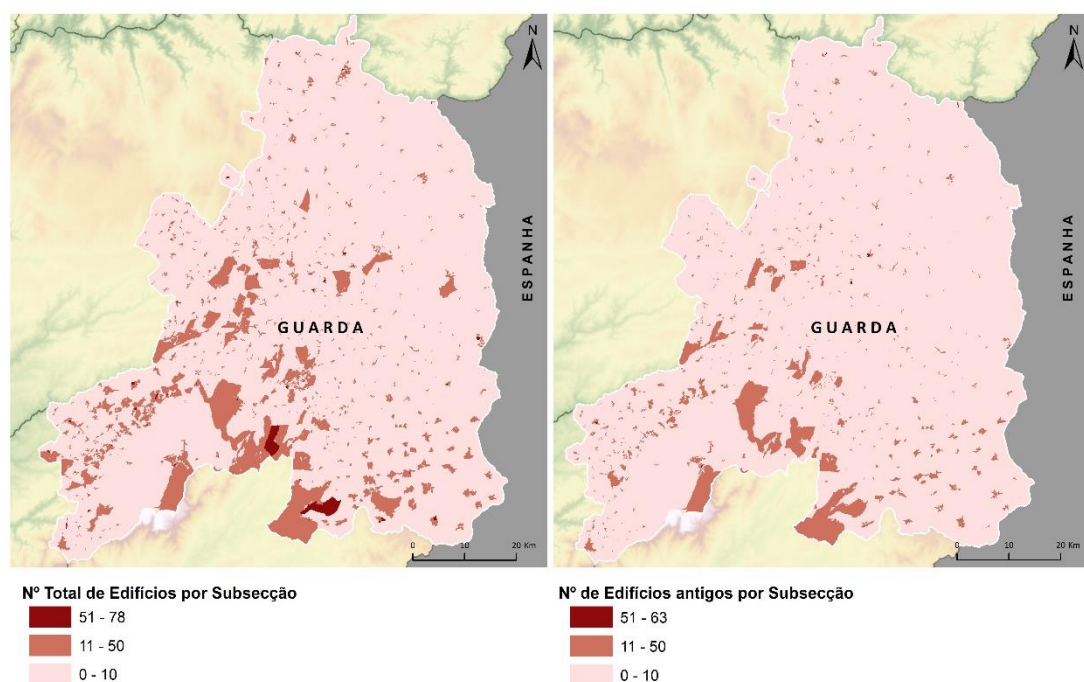


Figura 3- Nº total de edifícios, por subsecção e o nº de edifícios antigos, por subsecção (Fonte: CAOP, 2019; DivaGis, 2021; IGEOE, 1992,1993, 1994, 1997, 1998, 1999, 2020; INE, 2011).

### Ponto Médio e Distribuição Direcional (Measuring Geographic Distributions)

Relativamente à figura 4, verifica-se a predominância de 0 a 50 indivíduos por subsecção. Por sua vez, no que concerne aos indivíduos idosos constata-se que apenas predomina a existência de 0 a 10 indivíduos idosos, por subsecção.

Os **centros médios** presentes na figura 4, foram ponderados através das seguintes variáveis, o nº total de indivíduos por subsecção e o nº de indivíduos idosos por subsecção, respetivamente. Estes identificam o centro geográfico das subsecções do distrito da Guarda, contudo foram ponderados com as variáveis supramencionadas. Comparando o centro médio calculado sem ponderação, com os restantes centros médios, é possível concluir que o campo “peso” fez com que o centro médio se orientasse para sudoeste.

Por sua vez, a **distribuição direcional** mede a tendência direcional de uma distribuição de entidades (Saraiva, 2021). Esta foi calculada com um desvio-padrão e ponderada com as variáveis supramencionadas. Comparando a distribuição direcional do nº total de indivíduos com a distribuição direcional sem ponderação é possível concluir que esta se achatou e desceu para sul, mantendo a mesma direção. Por sua vez, a distribuição direcional do nº de indivíduos idosos não achatou apenas desceu para sul, sendo o peso da ponderação inferior à comparação anterior.



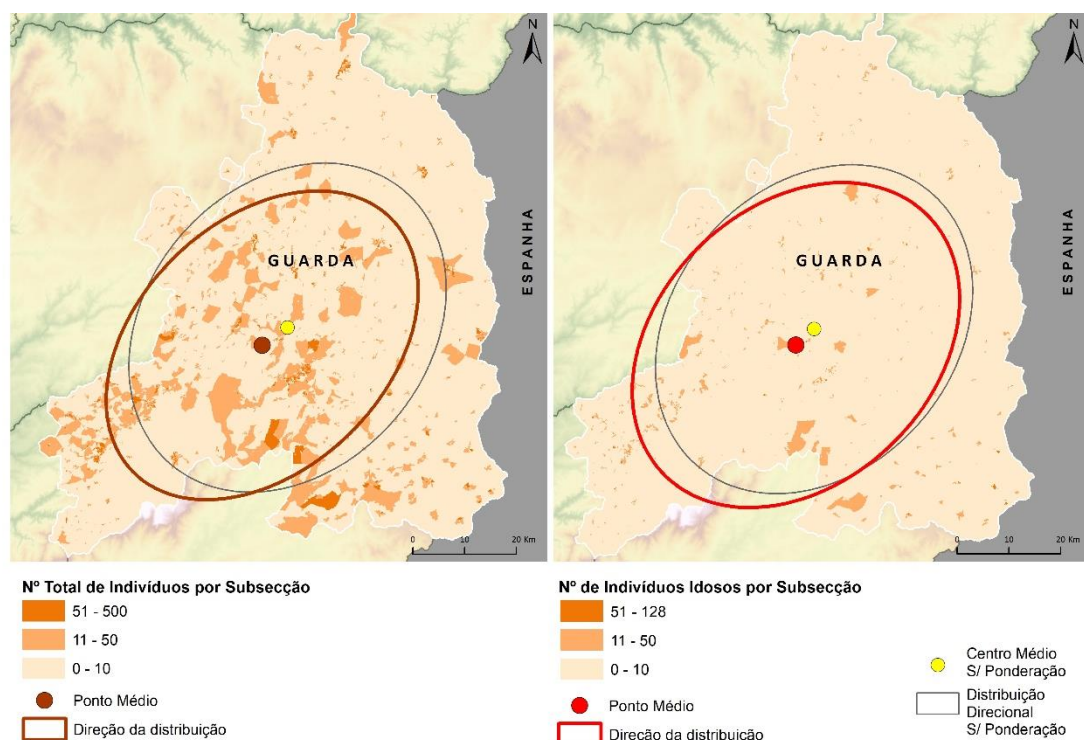


Figura 4- Nº total de Indivíduos, por subsecção e o nº de indivíduos idoso, por subsecção (Fonte: CAOP, 2019; DivaGis, 2021; IGEOE, 1992,1993, 1994, 1997, 1998, 1999, 2020; INE, 2011).

## Análise de Padrões

### Autocorrelação Espacial (Moran's I)

Um padrão espacial corresponde à disposição de fenómenos no espaço (Saraiva, 2021). Tal, disposição/ organização, pode apresentar regularidades. Sendo assim, pode existir algo que justifique tal organização (Saraiva, 2021).

“Se existe uma dependência de uma distribuição em função do espaço, então existe autocorrelação espacial” (Saraiva, 2021).

Esta pode ser positiva, quando entidades próximas são mais semelhantes, que entidades distantes entre si (Saraiva, 2021). Pode ser negativa, quando entidades próximas não são semelhantes, ou não existir autocorrelação (padrão aleatório) (Saraiva, 2021).

### Moran's I

Este varia entre -1 e 1, quanto mais próximo de 1 existe a tendência de os valores estarem agrupados, quanto mais próximo de -1, existe a probabilidade de os valores diferentes entre si, estarem desagrupados (Saraiva, 2021). Quando próximo de 0, não existe autocorrelação espacial, ou seja, é aleatório, encontrando-se na hipótese nula.

### Variáveis:

#### Edificado Antigo

Os edifícios antigos possuem um padrão agrupado, encontrando-se na hipótese alternativa. Analisando a figura 5, o Índice de Moran's diminui quando a distância de pesquisa aumenta, de 0,18 para 0,14, estes valores são mesmo assim diminutos, mesmo detendo um

padrão agregado. Dado o z-score de 52% e 58%, respectivamente, há menos de 1% de probabilidade de que o padrão agrupado seja resultado aleatório.

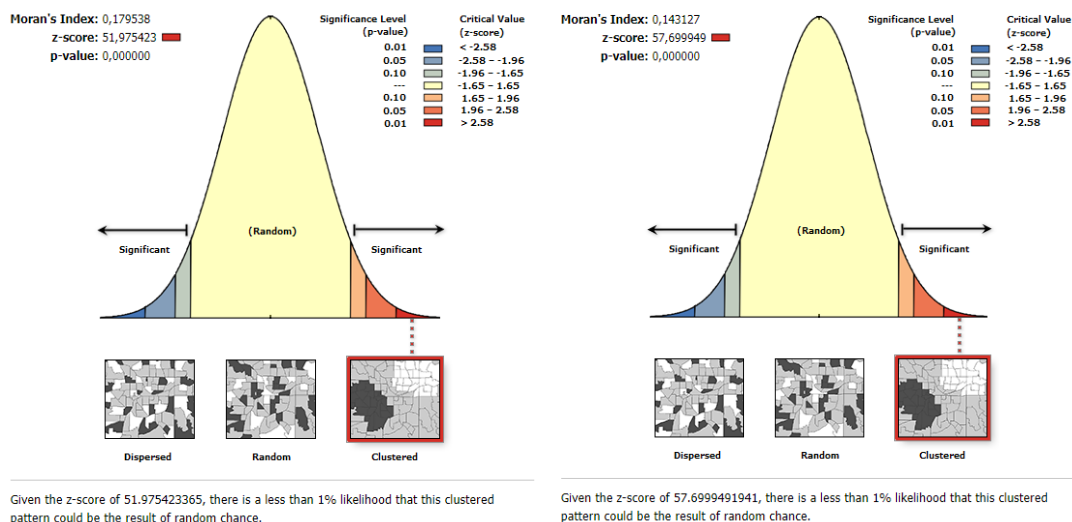


Figura 5- Moran's I A (Distance Threshold: 2000m) e B (Distance Threshold: 4100m - Predefinida).

### Densidade Populacional

A densidade populacional possui um padrão agrupado, encontrando-se na hipótese alternativa. Analisando a figura 6, o Índice de Moran's aumenta quando a distância de pesquisa aumenta, de 0,28 para 0,32, estes valores são mesmo assim diminutos, mesmo detendo um padrão agregado. Dado o z-score de 114% e 92%, respectivamente, há menos de 1% de probabilidade de que o padrão agrupado seja resultado aleatório.

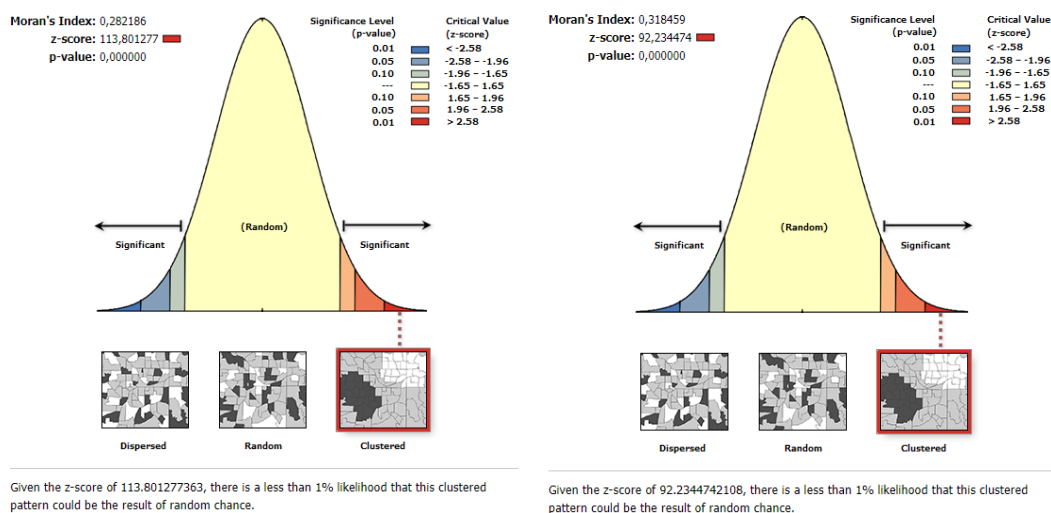


Figura 6- Moran's I A (Distance Threshold: 2000m) e B (Distance Threshold: 7400m).



## Indivíduos Idosos

Os indivíduos idosos possuem um padrão agrupado, encontrando-se na hipótese alternativa. Analisando a figura 7, o Índice de Moran's diminui quando a distância de pesquisa aumenta, de 0,08 para 0,07, estes valores são mesmo assim diminutos, mesmo detendo um padrão agregado. Dado o z-score de 24% e 29%, respetivamente, há menos de 1% de probabilidade de que o padrão agrupado seja resultado aleatório.

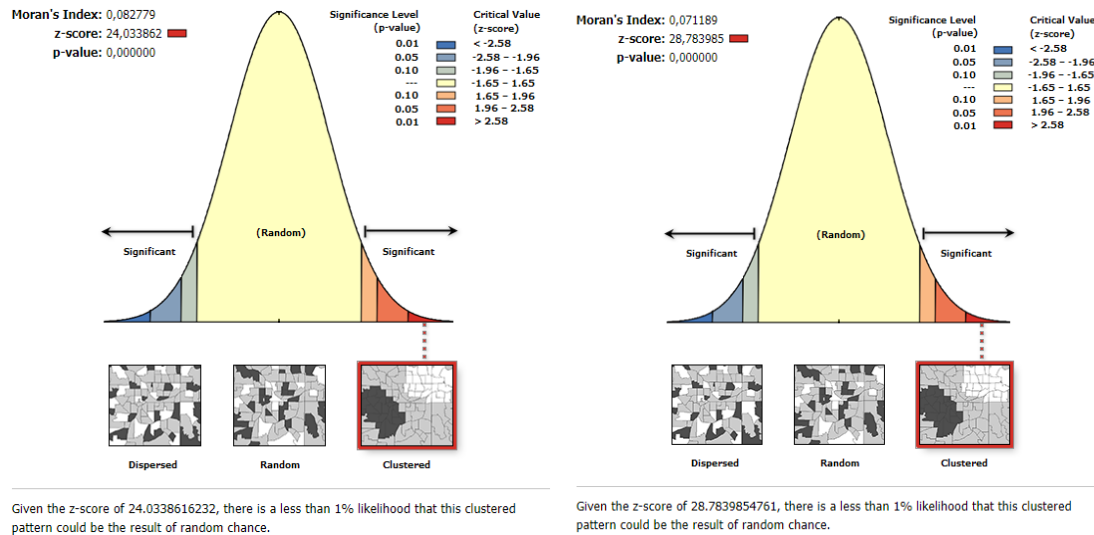


Figura 7- Moran's I A (Distance Threshold: 2000m) e B (Distance Threshold: 4100m).

## Incremental Spatial Autocorrelation

“Mede a autocorrelação espacial para uma série de distâncias e cria um gráfico de linhas com essas distâncias e seus z-scores correspondentes. Os z-scores refletem a intensidade do agrupamento espacial, e os picos estatisticamente significativos indicando as distâncias, onde os processos espaciais que promovem o agrupamento são mais pronunciados” (ESRI, 2021).

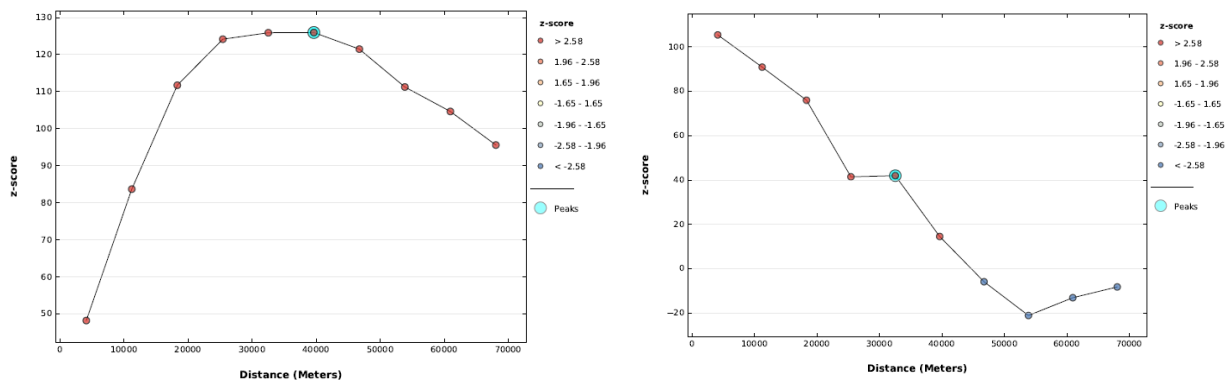


Figura 8- Incremental Spatial Autocorrelation: Edificado antigo e Densidade Populacional.

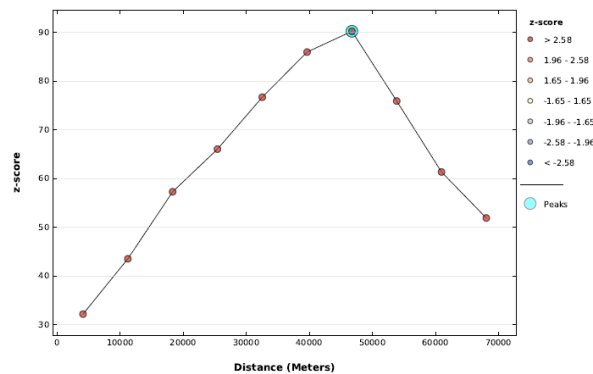


Figura 9- Incremental Spatial Autocorrelation: Indivíduos idosos.

Recálculo dos Moran's I com os valores anteriores

#### Edificado Antigo

Os edifícios antigos possuem um padrão agrupado, encontrando-se na hipótese alternativa. Analisando a figura 10, o Índice de Moran's diminui aproximando-se assim de 0, mesmo detendo um padrão agregado. Dado o z-score de 72%, respetivamente, há menos de 1% de probabilidade de que o padrão agrupado seja resultado aleatório.

#### Densidade Populacional

A densidade Populacional possui um padrão agrupado, encontrando-se na hipótese alternativa. Analisando a figura 10, o Índice de Moran's diminuiu para 0,16, mesmo detendo um padrão agregado. Dado o z-score de 164%, respetivamente, há menos de 1% de probabilidade de que o padrão agrupado seja resultado aleatório.

#### Indivíduos Idosos

Os indivíduos idosos possuem um padrão agrupado, encontrando-se na hipótese alternativa. Analisando a figura 11, o Índice de Moran's diminuiu para 0,03, mesmo detendo um padrão agregado. Dado o z-score de 43%, respetivamente, há menos de 1% de probabilidade de que o padrão agrupado seja resultado aleatório.

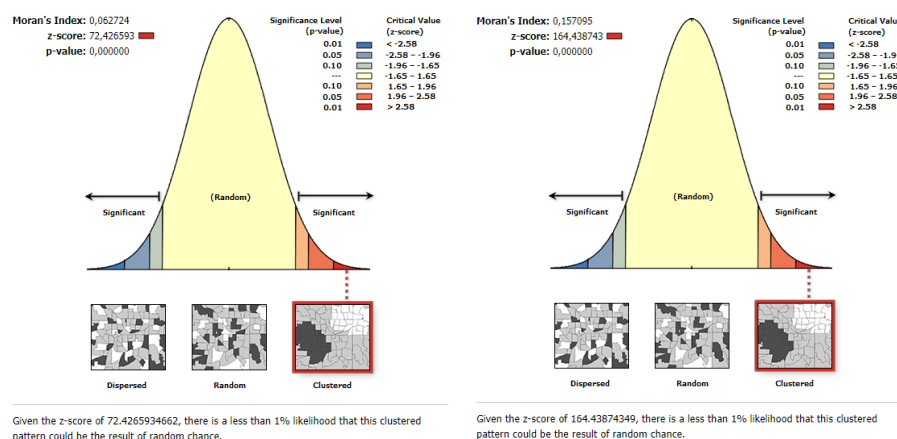


Figura 10- Moran's I: Edificado Antigo (Distance Threshold: 40000m) e Densidade Populacional (Distance Threshold: 35000m).

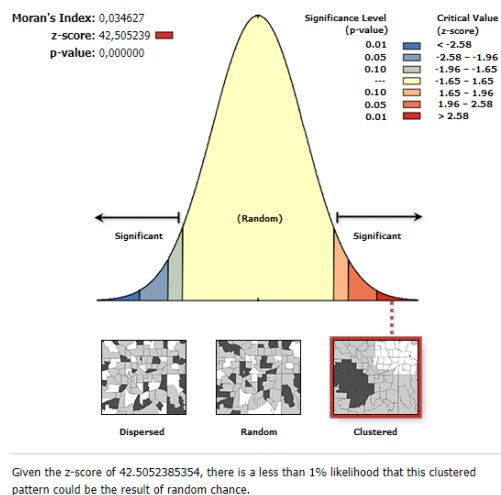


Figura 11- Moran's I: Indivíduos Idosos (Distance Threshold: 46000m).

## High/Low Clustering

A ferramenta “High/Low Clustering” baseia-se na estatística “General G”. Esta estatística indica se os agrupamentos são realizados com base em valores altos ou valores baixos. Analisando as figuras 12 e 13, é possível concluir que os agrupamentos são realizados com base em valores altos.

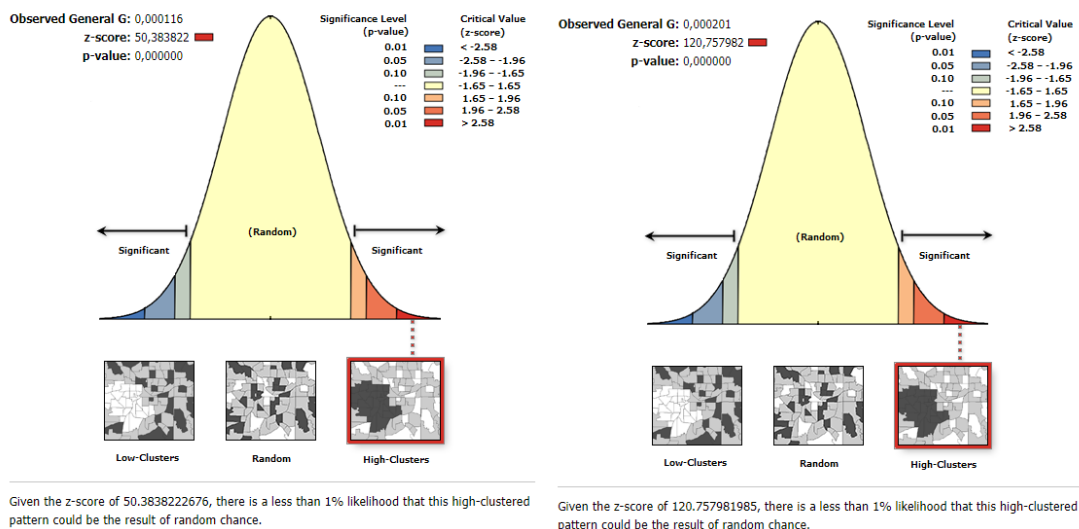


Figura 12- High/Low Clustering: Edificado Antigo e Densidade Populacional.

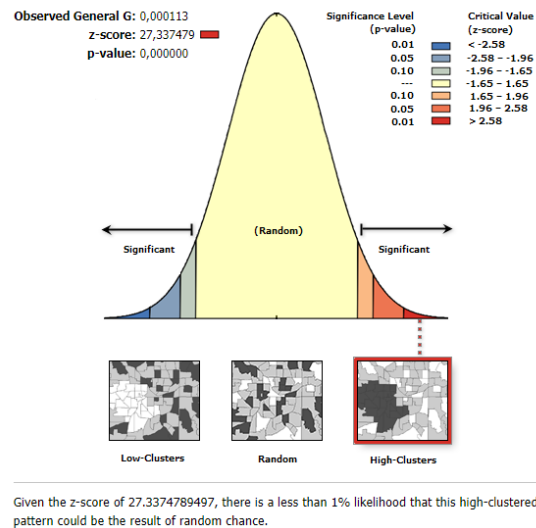


Figura 13- High/Low Clustering: Indivíduos Idosos.

## Mapping Clusters

### Análise de Hot-Spot

Dado um conjunto de características ponderadas, esta ferramenta identifica pontos quentes estatisticamente significativos e pontos frios, usando a estatística Getis-Ord Gi\* (ESRI, 2021).

Para um hot-spot ser significativo, uma feature com valor elevados tem de estar rodeado por valores elevados, verificando-se a mesma situação com os valores diminutos.

Para o cálculo dos Hot-spots, presentes na figura abaixo, utilizou-se a distância predefinida pelo software. Ao analisar a figura 14, referente ao Edificado Antigo, podemos concluir que os clusters de valores altos se localizam maioritariamente a sul, enquanto que os clusters de valores baixos, se localizam no centro e a este do distrito. As dimensões destes são expressivas, contudo as features classificadas como “não significante” também detêm alguma expressão no mapa.

Por sua vez, ao analisar a figura 14, referente à população idosa, podemos concluir que os clusters de valores altos se localizam maioritariamente a sudoeste, enquanto que os clusters de valores baixos, se localizam no centro. As dimensões destes são expressivas, contudo menores que a dos clusters referentes ao edificado antigo.

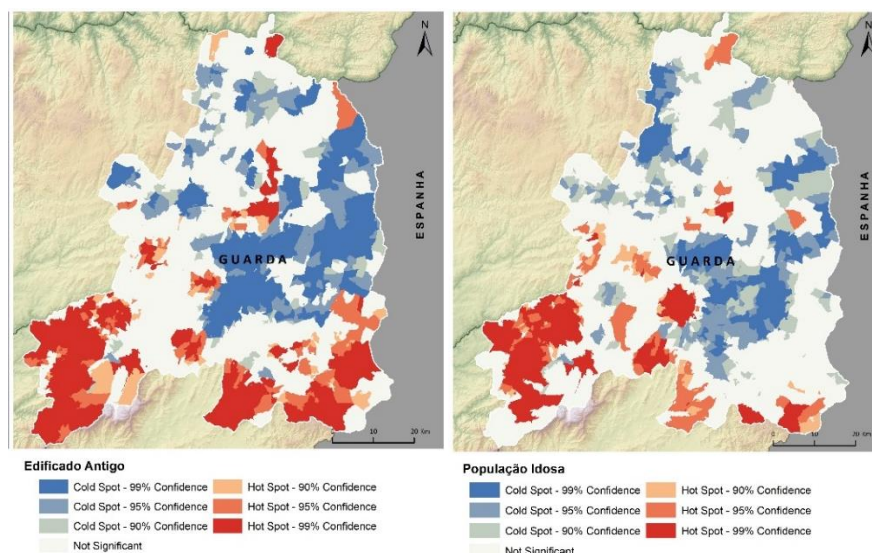


Figura 14- Hot-Spot Analysis: Edificado antigo e População Idosa.

### Análise de Hot-Spot – Optimizada

Dado as características ponderadas (pontos ou polígonos), esta ferramenta origina um mapa de pontos quentes e frios, estatisticamente significativos, usando a estatística Getis-Ord Gi (ESRI, 2021).

Esta ferramenta, difere da anterior, porque é autonoma, ou seja, define sozinha os parâmetros. Contudo, para se obter um maior controlo das condições e adaptar a análise ao território, considera-se melhor a utilização da ferramenta anterior.

Concluiu-se assim, que o resultado obtido na figura 15, não reflete o território em estudo.

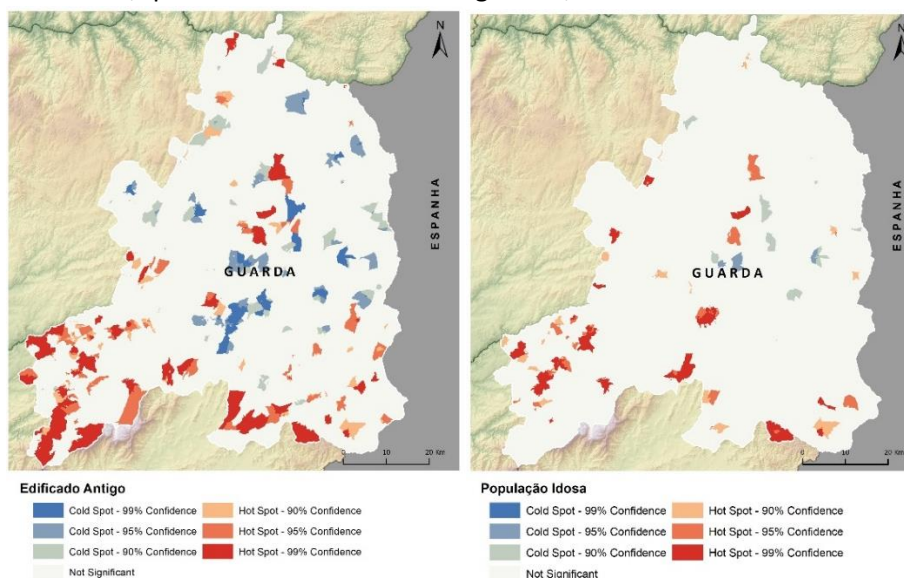


Figura 15- Análise de Hot-Spot – Optimizada: Edificado antigo e População Idosa.

### Cluster e Outlier Analysis

Esta ferramenta para além de detetar Clusters de valores baixos ou altos, deteta ainda Outliers. O resultado da ferramenta distingue os clusters de valores altos como HH (High- High),

os clusters de valores baixos como LL (Low- Low), e os ditos outliers. Se um valor alto for rodeado por valores baixos, designa-se por HL (High- Low), se for um valor baixo rodeado por valores altos, designa-se por LH (Low- High). Na figura 16, predominam essencialmente os Low-High e os Low- Low.

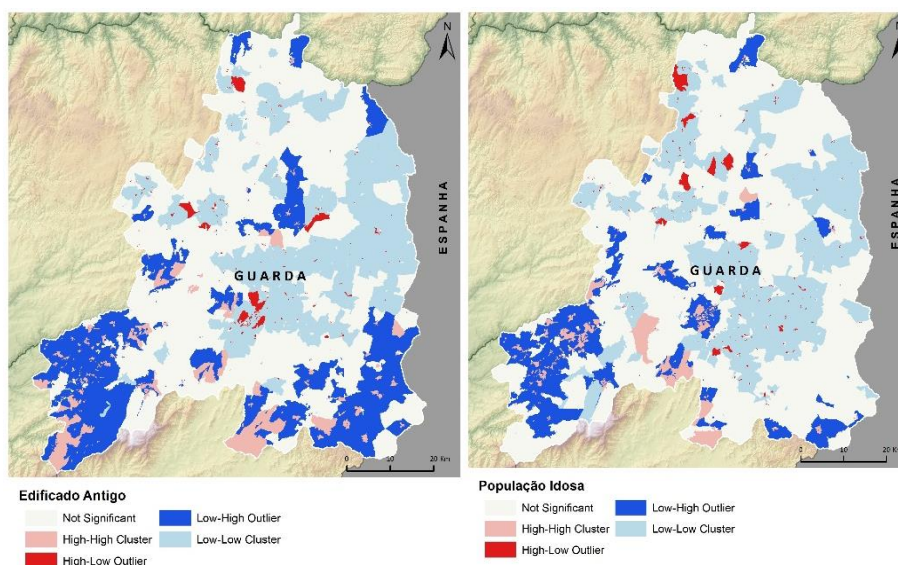


Figura 16- Cluster and Outlier Analysis: Edificado antigo e População Idosa.

### Análise Multicritério

A análise multicritério é uma técnica utilizada na avaliação de várias dimensões de um problema, suportando a tomada de decisão, ou seja, é uma análise integrada de multivariáveis (Saraiva, 2021).

Passos:

Definir o Problema:

Análise de suscetibilidade demográfica e habitacional aos incêndios, no distrito da Guarda.

Determinar os critérios:

- **Ocupação do Solo (figura 2);**
- **Declives (figura 1);**
- **Rede Viária;**
- **Exposições (figura 18);**
- **Densidade Demográfica (figura 2);**
- **Visibilidade por pontos de vigia (figura 18).**

Inicialmente, e após a leitura de artigos científicos, escolheu-se a melhor metodologia a aplicar, a metodologia do Instituto Geográfico Português, adaptado por Almeida.



	Amplitude de valores		Contribuição de cada classe Para o valor de risco de cada critério		Contribuição do critério para o valor do risco de incêndio potencial	
			%	valor	%	valor máximo do critério
Ocupação do solo	classe 1ª		100	590	59	590
	classe 2ª		80	472		
	classe 3ª		70	413		
	classe 4ª		40	236		
	classe 5ª		30	177		
	classe 6ª		10	59		
	classe 7ª		1,5	9		
Declives	acima de 40%		100%	210	21	210
	30-40%		66,67	140		
	20-30%		22,38	47		
	10-20%		11,43	24		
	0-10%		3,81	8		
Rede Viária	Proximidade à Rede Viária	até 25 m	100%	70	7	70
		25-50 m	46,32	32		
		50-100 m	20,58	14		
		100-150 m	9,55	7		
	Densidade de Caminhos agrícolas e Florestais	Inf. a 5m/ha	50	35		
		5 - 12,5 m/ha	23,52	16		
		12,5 - 20 m/ha	10,29	7		
		20 - 30 m/ha	5,14	4		
		30 - 40m/ha	5,14	4		
		40 - 65 m/ha	10,29	7		
		65 - 80 m/ha	23,52	16		
		Sup.a 80m/ha	50	35		
Exposições	135 - 225 °		100%	60	6	60
	225 - 315°		57,45	34		
	45 - 135°		21,28	13		
	315 - 45°		6,38	4		
	-1 Plano		0%	0		
Densidade demográfica	até 250 hab /Km2		100%	40	4	40
	Entre 250 e 1500 hab/Km2		21,05	8		
	Acima de 1500 hab/Km2		100%	40		
Visibilidade por postos de vigia	Oculto		100%	30	3	30
	visível por 1 posto		11,71	4		
	visível por 2 ou mais postos		6,31	2		

Figura 17- Metodologia adaptada de Almeida et al.(1995) (Fonte: CM Cascais, s/d).

Normalizar os fatores:

Para se realizar a normalização dos fatores, inicialmente é necessário reclassificá-los, tal como demonstram as tabelas seguintes.

Posteriormente, procede-se à normalização dos fatores e das respetivas classes, recorrendo a uma regra de 3 simples, tendo a figura 17 como base.

A ocupação do solo, encontrava-se em ficheiro vetorial (polígonos), e sendo assim, inicialmente, procedeu-se ao agrupamento das classes presentes na tabela 2, e de seguida, procedeu-se à sua transformação para raster.

Tabela 2- Ocupação do solo e a respetiva ponderação.

Classes	%	Ponderação
Matos	28,41	1
Povoamentos mistos	17,28	0,8
Florestas de eucalipto	0,61	0,7
Florestas de pinheiro	15,16	0,4
Agricultura	33,41	0,3
Espaços descobertos ou com pouca vegetação	2,61	0,1
Territórios artificializados	2,07	0,015
Zonas húmidas	0,46	0

No que concerne aos declives, estes resultam num ficheiro raster, e sendo assim, foi apenas necessário a sua reclassificação, segundo as classes abaixo descritas.

Tabela 3- Declives e a respetiva ponderação.

<b>Declives (º)</b>	<b>Ponderação</b>
40+	1
30-40	0,67
20-30	0,22
10-20	0,11
0-10	0,04

Por sua vez, para calcular a proximidade à rede viária, utilizou-se a ferramenta da distância euclidiana. Resultando assim, um raster, que foi posteriormente reclassificado.

Tabela 4- Proximidade à rede viária e a respetiva ponderação (Fonte: OpenStreetMap, 2021).

<b>Distância (m)</b>	<b>Ponderação</b>
0-25	1
25-50	0,47
50-100	0,21
100-150	0,1
+150	0,1

Relativamente à exposição das vertentes, estas resultam num ficheiro raster, que foi posteriormente reclassificado, segundo as classes abaixo.

Tabela 5- Exposição das vertentes e a respetiva ponderação.

<b>Exposição (º)</b>	<b>Ponderação</b>
135 a 225	1
225 a 315	0,53
45 a 135	0,22
315 a 45	0,06
Plano a -1	0

Os valores da densidade populacional, encontram-se agregados a um ficheiro vetorial, com as divisões administrativas. Este ficheiro foi transformado em raster e posteriormente reclassificado.

Tabela 6- Densidade Populacional e a respetiva ponderação.

<b>Densidade Populacional (Hab/km<sup>2</sup>)</b>	<b>Ponderação</b>
até 250	1
250 a 1500	0,2
mais de 1500	1

Por fim, a área visível pelos pontos de vigia, foi determinada pela ferramenta “Viewsheed”. Para o cálculo correta das áreas visíveis e não visíveis, foi necessário vetorizar os pontos de vigia, que apenas se encontravam disponíveis em WMS. De seguida, à shapefile dos pontos de vigia, foi acrescentado um campo designado por “OFFSETA”, com a soma da altura dos pontos de vigia (15m) e a altura do vigilante (1,70m).

Desta ferramenta resultou um ficheiro raster, que foi posteriormente reclassificado.

Tabela 7- Visibilidade por pontos de vigia e a respetiva ponderação.

Visível por x pontos de vigia:	Ponderação
0	1
1	0,13
2	0,0666
3	0,0666
4	0,0666
5	0,0666
6	0,0666
7	0,0666
8	0,0666
9	0,0666
10	0,0666
11	0,0666
12	0,0666
13	0,0666
14	0,0666
15	0,0666
16	0,0666

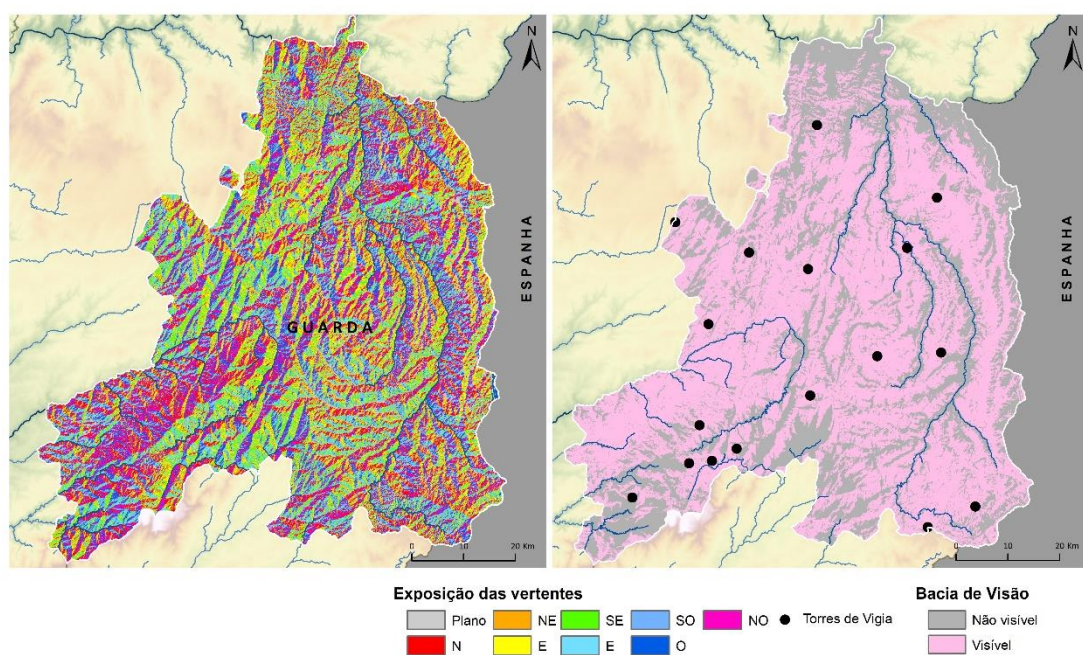


Figura 18- Exposição das vertentes à orientação solar e a bacia de visão realizada com base nos postos de vigia (Fonte: CAOP, 2019; DivaGis, 2021; IGEOE, 1992,1993, 1994, 1997, 1998, 1999, 2020).

Determinar os pesos de cada fator:

A figura 17, dispõe ainda dos valores que devem ser atribuídos a cada fator, posto isto, utilizou-se a ferramenta “Weighted Sum” para realizar o cálculo do Raster Final.

Raster	Field	Weight
Calculo\raster_cos_1	POND	0,59
Calculo\R_Densidade	POND	0,04
Calculo\R_aspect_C	POND	0,06
Calculo\R_Estradas	POND	0,07
Calculo\R_SLOPE	VALORP	0,21
Calculo\Bacia_visao	POND	0,03

## Resultados

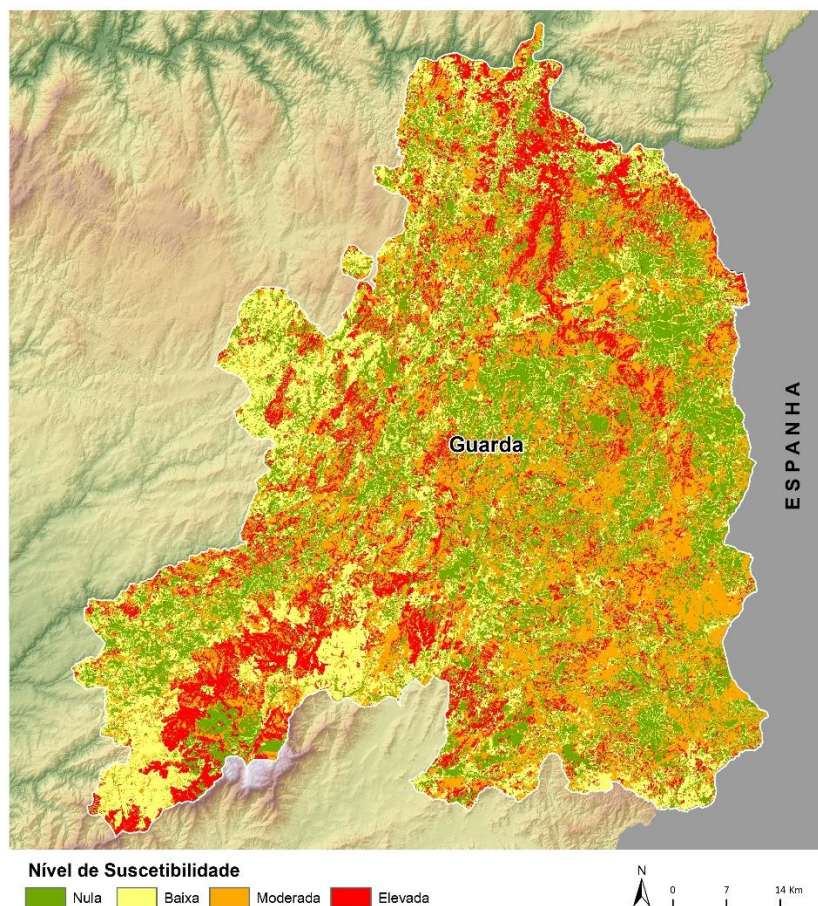


Figura 19- Mapa de Suscetibilidade aos Incêndios (Fonte: CAOP, 2019; DivaGis, 2021; IGEOE, 1992,1993, 1994, 1997, 1998, 1999, 2020).

Distribuição das áreas de maior suscetibilidade ( $> 0,7$ ) pelas diversas classes de uso do solo:

As áreas mais suscetíveis representam cerca de 909 km<sup>2</sup> (16% da área distrital), dos quais 96% são ocupados por matos e 2,9% são povoamentos mistos, sendo que o restante 1% área encontra-se divido pelas restantes classes de ocupação do solo.

O cálculo foi realizado através de uma interseção, entre a ocupação do solo e as áreas mais suscetíveis.

Tabela 8- Distribuição das áreas de maior suscetibilidade ( $> 0,7$ ) pelas diversas classes de uso do solo.

Classes de Ocupação do Solos	Área (km <sup>2</sup> )	%
Povoamentos Mistos	25,91	2,85
Agricultura	4,73	0,52
Matos	875,44	96,31
Zonas húmidas	0,08	0,01
Territórios artificializados	0,22	0,02



Florestas de pinheiro	1,76	0,19
Florestas de eucalipto	0,16	0,02
Espaços descobertos ou com pouca vegetação	0,60	0,07
<b>Total:</b>	<b>908,89</b>	<b>100</b>

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

Para o cálculo das áreas sobrepostas, inicialmente procedeu-se à união das áreas ardidas dos 5 anos em estudo. As áreas ardidas entre 2015 e 2019, representam 1029 km<sup>2</sup> (18,6% da área distrital).

Através da interseção, entre as áreas suscetíveis e as áreas ardidas entre 2015 e 2019, verificou-se que apenas 268 km<sup>2</sup> dos 1029 km<sup>2</sup> são coincidentes, representando ca. de 26%.

O que significa que a metodologia não se ajusta por completo à área de estudo. Sendo assim, a metodologia deve ser melhorada e adaptada à área de estudo e deve-se averiguar se existe algum parâmetro que não consta na metodologia, que detém impacto significativo na propagação dos incêndios.

O cálculo foi realizado através de uma interseção, entre as áreas ardidas e as áreas mais suscetíveis.

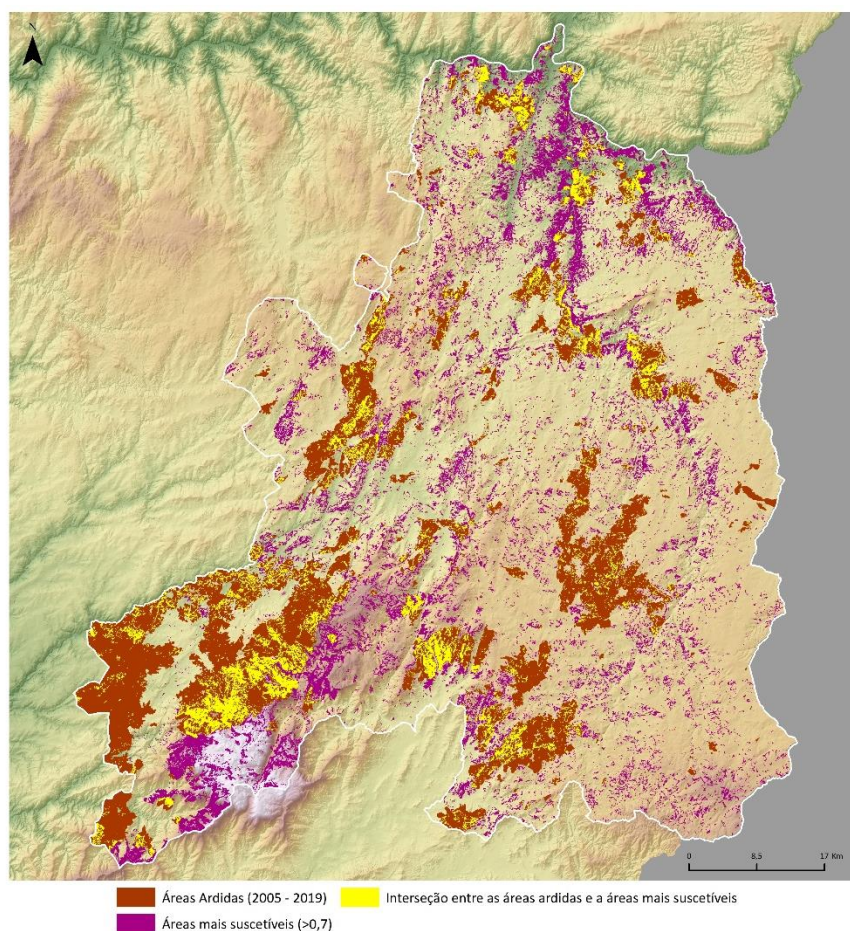


Figura 20- Interseção entre as áreas ardidas (2015-2019) e as áreas mais suscetíveis (Fonte: CAOP, 2019; DivaGis, 2021; IGEOE, 1992,1993, 1994, 1997, 1998, 1999, 2020; ICNF, 2015-2019).

Número total de habitantes abrangidos por estas áreas de maior suscetibilidade, e a percentagem de habitantes idosos (acima de 65 anos):

- 2397 habitantes
- 672 idosos

Destes 2397 habitantes, 28% são idosos (672 idosos).

O cálculo foi realizado através de uma interseção, entre as subsecções, com a informação tabular (nº total de habitantes, nº de idosos, o nº de edifícios e o nº de edifícios antigos) e as áreas mais suscetíveis. Na nova feature, fez-se o “areal weighting”, recorrendo à seguinte fórmula:

$$\frac{n^{\circ} \text{ de indivíduos} * \text{área intercetada}}{\text{área total}}$$

Número total de edifícios abrangidos pelas áreas de maior suscetibilidade, e a percentagem de edifícios com mais de 50 anos:

- 2053 edifícios
- 1107 edifícios antigos

Destes 2053 edifícios, 54% são edifícios antigos (1107 edifícios antigos).

Análise da distância das corporações de bombeiros às áreas de maior suscetibilidade e as suas áreas de influência:

#### Área de Influência:

As áreas de influência foram criadas recorrendo aos polígonos de “Thiessen”.

“Cada polígono de Thiessen, contém apenas um único recurso de entrada. Qualquer localização dentro de um polígono Thiessen está mais perto do seu ponto associado, do que qualquer outro recurso de entrada” (ESRI, 2021).

Através da análise da tabela 9, verifica-se que áreas de influência das corporação distribuem-se de forma desigual. Analisando os valores extremos, destacam-se os bombeiros voluntários de Foz Côa que possuem 99 km<sup>2</sup> de área de atuação, e os bombeiros voluntários de São Romão, que apenas detêm 6km<sup>2</sup>.

Tabela 9- Área (km2) suscetível por corporação.

<b>Corporação de bombeiros:</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>) suscetível por corporação:</b>
BV Foz Côa	99,22
BV Figueira de Castelo Rodrigo	69,48
BV Meda	69,11
BV Pinhel	65,75
BV Loriga	55,03
BV Guarda	52,44
BV Sabugal	51,84
BV Manteigas	47,85
BV Almeida	46,40
BV Soito	45,63
BV Trancoso	40,37
BV Gonçalo	36,96



BV VF das Naves	35,44
BV Celorico da Beira	32,35
BV Folgoso	30,06
BV Gouveia	26,26
BV Fornos de Algodres	21,93
BV Aguiar da Beira	18,04
BV Seia	17,64
BV F Serra	17,19
BV VN de Tazem	14,70
BV Melo	9,63
BV São Romão	5,66

#### **Análise da distância das corporações de bombeiros às áreas ardidas:**

1. Gerar um raster de custo com a rede viária, onde a rede detinha valor de 1 e a restante área possuía valor 6;
2. Realizar um Cost Distance para as corporações dos bombeiros;

Cost Distance: “Calcula a menor distância de custo acumulada para cada célula até a fonte mais próxima sobre uma superfície de custo” (ESRI, 2021).

→ 77 km<sup>2</sup> de área mais suscetível encontram-se localizados em áreas com elevada distância-custo (>20010m), representando cerca de 8,5% da totalidade das áreas mais suscetíveis.

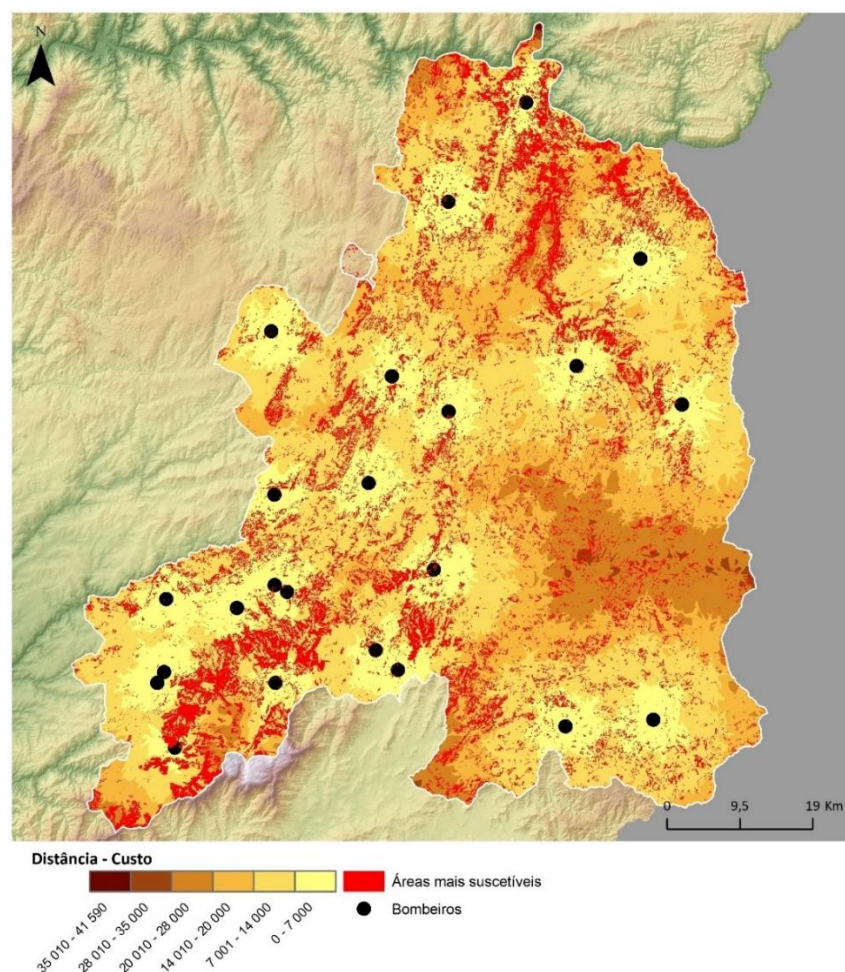


Figura 21- Distância – Custo (m) às corporações de bombeiros, a localização das corporações dos bombeiros e as áreas mais suscetíveis (Fonte: CAOP, 2019; DivaGis, 2021; IGEOE, 1992,1993, 1994, 1997, 1998, 1999, 2020; ICNF, 2015-2019).

Calcular o orçamento necessário para a limpeza dos terrenos:

- Faixa de proteção de 100 metros aos aglomerados urbanos;
- Faixa de proteção de 10 metros às estradas;
- Preço da limpeza dos terrenos varia entre os 350 e os 1.200 euros/ha.

1. Criou-se um buffer de 100m, para as aglomerações urbanas, retiradas da COS (sem rede viária);
2. Elaborou-se outro buffer de 10m, para a rede viária, retirada do Open Street Map.
3. Por fim, uniu-se os dois buffers.

A área em hectares, da união dos dois buffer's é igual a: 71466 ha

Tabela 10- Preço total das limpezas

	350€	1200€
Preço Total (€)	25 013 100	85 759 200

## **Conclusão**

A análise espacial, ao longo do presente relatório revelou-se fundamental e imprescindível para a realização do mesmo e das diversas tarefas, tal como era esperado. O atual relatório incidiu fortemente, na determinação da suscetibilidade da população e das habitações aos incêndios, posto isto, enaltece-se a importância das diversas técnicas de análise espacial existentes, na elaboração de cartografia de risco e na gestão dos diversos riscos naturais.

Tendo em conta, os objetivos esperados, é possível afirmar que os objetivos foram corretamente cumpridos, resultando uma panóplia de conclusões sobre o território em estudo. Sobre os exercícios iniciais, que incidiram sobre a estatística espacial, concluiu-se que a densidade populacional afeta ao distrito, a população idosa e o edificado antigo se encontram agrupados por valores altos. Relativamente à cartografia referente aos clusters, destaca-se a existência de cold-spots e de hot-spots nas duas variáveis em estudo, destacando-se essencialmente, a existência de low-high outliers. Averiguou-se ainda, que a análise de hot-spot otimizada, não se adequou ao território.

No que concerne à análise multicritério, destaca-se a efetividade da metodologia. Tendo em consideração as áreas mais suscetíveis, foi possível aferir que estas se localizam maioritariamente em áreas de matos e povoamentos mistos, sendo ocupações do solo associadas a elevada combustão. As áreas mais suscetíveis, quando comparadas com as áreas ardidas, verificou-se que apenas 268 km<sup>2</sup> das áreas mais suscetíveis coincidem com as áreas ardidas, contudo subsiste a possibilidade de existirem fatores que não constam na metodologia que justifiquem essa diferença, como o estado do tempo e o comportamento do vento, que são fatores imprevisíveis a longo prazo. No que concerne, às áreas de influência das corporações de bombeiros do distrito da Guarda, constatou-se uma diferença desigual das áreas, evidenciou-se ainda que, 8,5% das áreas mais suscetíveis se localizam em áreas onde a distância-custo à corporação mais próxima é bastante elevada. Por fim, para que a ocorrência de incêndios diminuía é fundamental proceder à limpeza dos terrenos, sendo assim, tal operação ficou orçamentada entre 25 milhões de euros e aprox. 86 milhões de euros.

## **Referências Bibliográficas**

ArcGIS Pro Help. (2021). Acedido a 01 de junho de 2021, em <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/main/welcome-to-the-arcgis-pro-app-help.htm>

CM Cascais. Mapa de Perigosidade de Incêndio Florestal e Mapa de Risco de Incêndio Floresta [PDF]. Retirado de [https://www.cascais.pt/sites/default/files/anexos/gerais/anexo12-2\\_descritivo\\_cartografia\\_de\\_risco.pdf](https://www.cascais.pt/sites/default/files/anexos/gerais/anexo12-2_descritivo_cartografia_de_risco.pdf)

Saraiva, M. (2021). Apresentações da UC Análise Espacial e Ordenamento do Território [PDF].