

CARTOGRAFIA DA SUSCETIBILIDADE A INCÊNDIOS FLORESTAIS
Distrito de Aveiro



PROJETO PRÁTICO de CIÊNCIAS E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Pietro Ruffo, 57702

Lisboa, 16/01/2022

Índice

| | |
|--|-----------|
| 1. Introdução | 2 |
| 1.1 Enquadramento do problema dos Incêndios Florestais em Portugal | 2 |
| 1.2 Objetivos do Projeto | 3 |
| 1.3 Abordagem metodológica | 3 |
| 2. Dados e Área de Estudo | 4 |
| 2.2 Aquisição de dados | 4 |
| 2.2 Organização e tratamento dos dados | 6 |
| 2.3 Caracterização da área de estudo | 8 |
| 3. Metodologia | 19 |
| 3.1 Critérios usados para o estudo da suscetibilidade a incêndio florestal | 19 |
| 3.2 Modelo de Dados | 21 |
| 3.3 Produção da Cartografia de Suscetibilidade de Incendio Florestal | 23 |
| 3.4 Proposta de otimização da localização de vigilância florestal | 24 |
| 3.5 Proposta de otimização de percursos de combate a incêndios florestais | 28 |
| 4. Análise dos Resultados | 31 |
| 5. Conclusões | 31 |
| Referências Bibliográficas | 31 |

1. Introdução

Embora hoje em dia grande parte de nós associe os incêndios a actos negligentes e criminosos, a verdade é que a sua origem e propagação depende diretamente da conjugação de certas variáveis associadas a fatores de naturezas distintas: meteorológicos, topográficos, históricos entre outros. Todos estes fatores têm uma representação espacial através de camadas de informação geográfica que podem ser processadas em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica.

Utilizando dados relativamente fáceis de aceder e ferramentas SIG, o objetivo deste projecto é criar um mapa de susceptibilidade aos incêndios florestais da Região de Aveiro que possa ser utilizado como input para a análise da melhor localização para novas torres de vigia e detecção dos caminhos óptimos para camiões de bombeiros em caso de emergência para as zonas mais vulneráveis.

1.1. Enquadramento do problema dos Incêndios Florestais em Portugal

De modo geral, os incêndios florestais têm vindo a causar cada vez maior impacte em diversas regiões do globo onde, no período correspondente à estação seca ou em anos secos, a vegetação se encontra num adiantado processo de dessecação.

Como é bem conhecido, de entre os vários países do mundo que sofrem de forma sistemática com os incêndios florestais, Portugal é um espaço geográfico que, proporcionalmente, se evidencia entre eles, não só pelo número de ocorrências, mas também pela dimensão das áreas queimadas, para o que muito contribuiu a existência de alguns anos particularmente complexos, mas, em regra, a problemática persiste, sendo de difícil resolução ("Causas de incêndios florestais em Portugal continental. Análise estatística da investigação efetuada no último quinquénio (1996 a 2010), Luciano Lourenço et al.)

Dentro da UE, Portugal é um dos Estados Membros mediterrânicos que sofrem periodicamente danos graves devido aos incêndios florestais.

As tendências dos incêndios florestais no país nas últimas duas décadas mostram uma diminuição do número de incêndios, embora mostram uma grande variabilidade na área queimada todos os anos. Além disso, Portugal sofreu uma concentração crítica de múltiplos incêndios nos últimos anos, o que dificultou a extinção eficiente dos incêndios. Este fenómeno tem sido observado nos episódios de incêndio mais críticos da Europa nas últimas décadas. Quase dois terços da área queimados em Portugal em 2016 foi o resultado de incêndios que ocorreram no espaço de 10 dias.

O ano 2017 apresentou condições meteorológicas extremas, com uma severa onda de calor e condições atmosféricas extremas instabilidade em junho e a influência do Furacão Ofélia e da seca de quebra de recordes em outubro. ("Forest fires in Portugal in 2017", Jesús San-Miguel-Ayanz et al.).

1.2. Objetivos do Projeto

O objetivo deste projecto é criar um mapa de susceptibilidade aos incêndios florestais da Região de Aveiro que possa ser utilizado como input para a análise da melhor localização para novas torres de vigia e a detecção dos caminhos óptimos para camiões de bombeiros em caso de emergência para as zonas mais vulneráveis.

Uma vez definida a área de estudo na primeira parte do projecto, recolheremos todos os dados necessários para a realização desta análise. Tendo feito isso, será possível caracterizar a área de estudo por diferentes perspectivas para se ter uma melhor compreensão do domínio de estudo. Seguir-se-á a definição dos critérios e pesos necessários para construir o mapa de susceptibilidade. Depois disso, utilizaremos os dados necessários e os critérios e pesos para construir o mapa de susceptibilidade. Uma vez definido o mapa, será possível estudar a localização óptima das torres de vigia em relação às áreas vulneráveis que ainda não estão cobertas pelas existentes e calcular os caminhos óptimos para que os camiões bombeiros cheguem o mais rapidamente possível à área mais susceptível da região.

1.3. Abordagem metodológica

Estaremos a trabalhar/transformar para estruturas de dados raster a fim de obter os resultados desejados. A escolha dos critérios, e os seus pesos, para classificar o território em faixas de suscetibilidade foi tomada, com algumas modificações, a partir do artigo seguinte "GIS Multi-Criteria Analysis for Identifying and Mapping Forest Fire Hazard: Nevesinje, Bosnia and Herzegovina". Tendo feito isso, e com os dados necessários, vamos utilizar o raster calculator para classificar a área de estudo de acordo com diferentes níveis de susceptibilidade aos incêndios florestais.

Depois, para avaliar se os postos de vigia florestal existentes na Região de Aveiro são suficientes e estão eficazmente distribuídos na área de estudo, vamos detectar as áreas de alto risco não cobertas pelas torres de vigia existentes de acordo com alguns critérios espaciais específicos, introduzindo a função "viewshed" e trabalhando sempre em estruturas raster.

Finalmente, pretende-se avaliar as acessibilidades das corporações de bombeiros existentes na Região de Aveiro para as zonas de maior suscetibilidade de incêndio florestal. As acessibilidades vão ser avaliadas em termos de custo, o qual será determinado a partir da velocidade média de circulação sobre as estradas que depende do tipo de estrada e do declive do terreno. Calcularemos esses caminhos óptimos em estruturas raster utilizando as funções "Cost Distance" e "Cost Path".

2. Dados e Área de Estudo

2.1. Aquisição de dados

Para a elaboração do presente trabalho utilizaram-se diversos dados que foram adquiridos em diferentes fontes que se apresentam na **Tabela 1**, a qual também apresenta os respetivos metadados.

Tabela 1 - Dados adquiridos com as suas respectivas fontes e metadados associados.

| Dados | Fonte | Metadados |
|---|--|---|
| CAOP Continente - Carta Administrativa de Portugal Continental | dgTerritório - www.dgterritorio.pt | Shapefile (shp); Sistema de referência geográfica ETRS89/TM06-PT, elipsóide de referência GRS80, projecção cartográfica Transversa de Mercator; rigor mínimo associado à escala 1:25000, 05-02-2021 |
| COS - Carta de Uso e Ocupação do Solo | | Shapefile (shp); Sistema de referência geográfica ETRS89/TM06-PT, elipsóide de referência GRS80, projecção cartográfica Transversa de Mercator; unidade mínima cartográfica (UMC) de 1 há, 29-11-2019 |
| Rede Viária | OpenSreetMap - www.openstreetmap.org | Osm file (.osm); Sistema de referência geográfica WGS84; Datum: WGS84 |
| Densidade Populacional | INE - www.ine.pt | Ficheiro excel xls - Número de habitantes por local de residência. 31/12/2020 |
| Temperatura media do ar- valores | | Shapefile (shp); Sistema de referência geográfica Datum Lisboa-Hayford-Gauss- |

| Dados | Fonte | Metadados |
|--|--|---|
| médios anuais (graus centígradas) | SNIAMB https://sniamb.apambiente.pt/ | IGeoE; Elipsoide de referência: Hayford; projecção cartográfica Transversa de Mercator; período 1931-1960 |
| Humidade relativa do ar- às 9 T.M.G. (%) | | |
| Precipitação- - quantidade total, valores médios anuais (mm) | | |
| Rede hidrográfica total | | Shapefile (shp); Sistema de referência geográfica ETRS89/TM06-PT, elipsóide de referência GRS80, projecção cartográfica Transversa de Mercator; 1995-2010 |
| Áreas Protegidas | | Shapefile (shp); Sistema de referência geográfica Datum Lisboa-Hayford-Gauss-IGeoE; Elipsoide de referência: Hayford; projecção cartográfica Transversa de Mercator; 2014-12-03 |
| Áreas Áridas | ICNF - Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas https://www.icnf.pt | Shapefile (shp); Sistema de referência geográfica ETRS89/TM06-PT, elipsóide de referência GRS80, projecção cartográfica Transversa de Mercator; 2016-2020 |
| Focos de incêndio | | Ficheiro excel xls; Sistema de referência geográfica Datum Lisboa-Hayford-Gauss-IGeoE, de 2011 a 2015 |
| Torres de Vigia | Cedido pela docente | Txt file, com coordenadas x e y Sistema de referência geográfica Datum Lisboa-Hayford-Gauss-IGeoE |
| Corporações de bombeiros | Ligas dos Bombeiros Portugueses https://www.lbp.pt/ | Txt file, com coordenadas x e y Sistema de referência geográfica WGS84; Datum: WGS84 |

2.2. Organização e tratamento dos dados

Devido ao grande número de fontes de informação heterogêneas disponíveis, teve de ser seguida uma fase de pré-processamento de acordo com o seguinte diagrama UML de actividade:

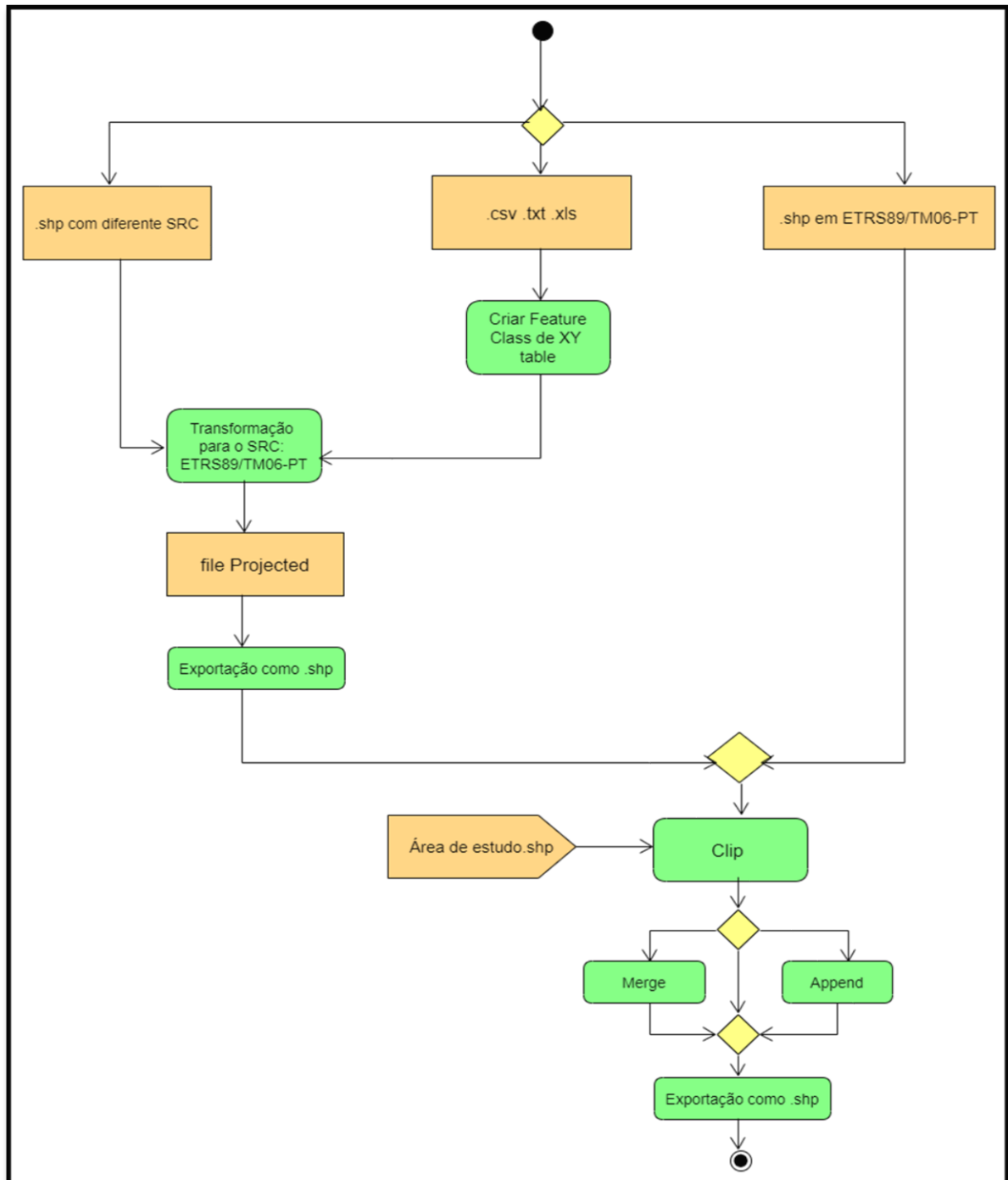


Figura 1-UML Activity Diagram

Dependendo do tipo de ficheiro inicial, o fluxo de trabalho segue um caminho diferente:

- No caso de um ficheiro .shp com um sistema de coordenadas diferente do ETRS89/TM06-PT, o ficheiro foi primeiro transformado para o sistema de coordenadas pretendido. Após o ficheiro ter sido exportado para a directoria, mantendo o formato shapefile, o clip foi executado extraindo a parte do ficheiro relativa à área de estudo. A área de estudo foi obtida usando a função de dissolução na shapefile CAOP usando concelhos como parâmetro de referência. No shapefile resultante foi feita uma selecção por atributos extraindo apenas as áreas relacionadas com o distrito de Aveiro. A área de estudo foi finalmente obtida através da exportação das características seleccionadas. O ficheiro obtido estará pronto para ser exportado e utilizado para fins de análise ou será sujeito a fusão com outros ficheiros de forma a ser analisado;
- Se o file inicial fosse .txt, .csv ou .xls, foi utilizada a função "Create feature class: from XY table" para extrair as coordenadas dos pontos de interesse: Em seguida, foi seguido o procedimento indicado no ponto anterior;
- Se o ficheiro inicial for da forma .shp com um SRC: ETRS89/TM06-PT foi realizado directamente o clip pela área de estudo e a respetiva exportação.

2.3. Caracterização da área de estudo

Os dados obtidos como resultado da fase de pré-processamento permitem uma caracterização da área de estudo:

Aspetos físicos:

A figura 2 mostra como a Região de Aveiro situa-se, na sua maioria, entre 0 e 200 metros acima do nível do mar. A diferença de altura aumenta à medida que nos aproximamos da faixa nordeste, onde a diferença de altura excede os 1200 metros.

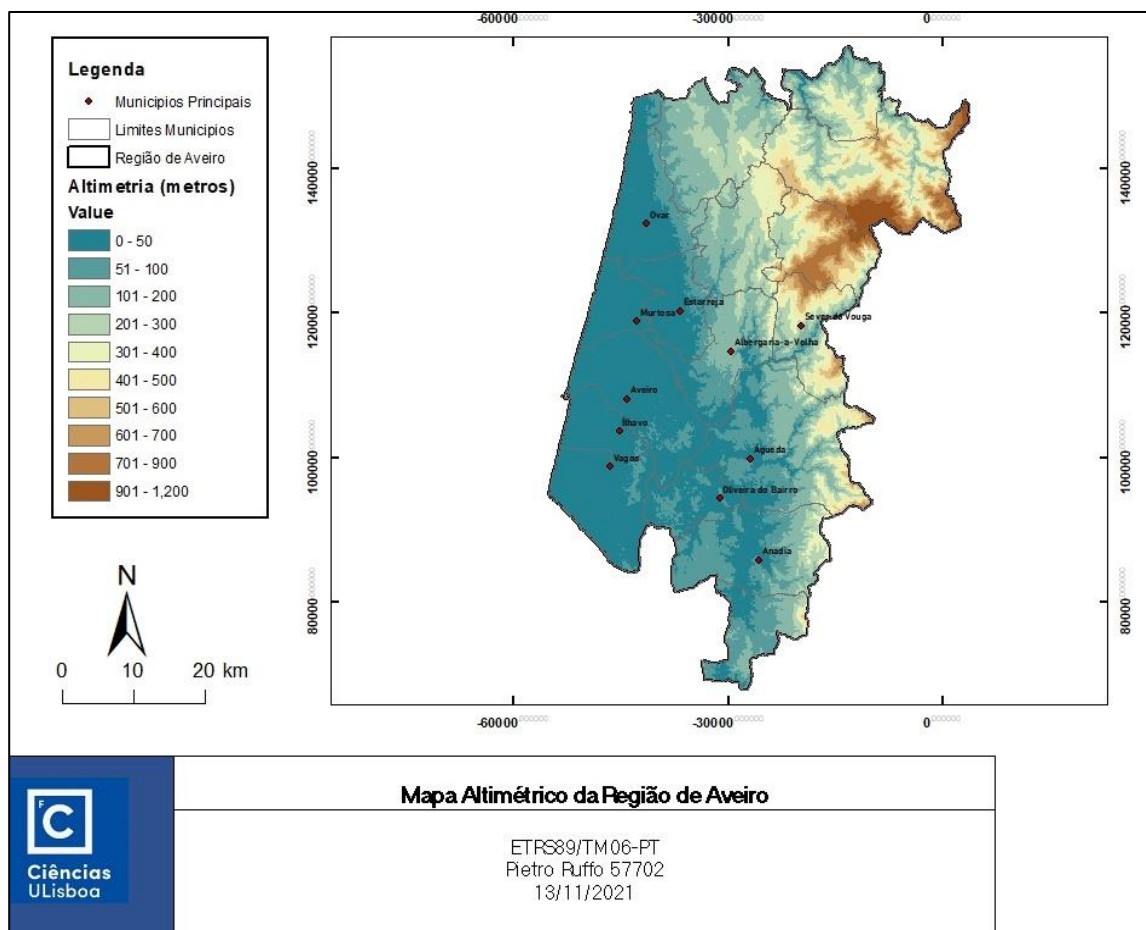


Figura 2- Mapa Altimétrico da Região de Aveiro

A Região é dominada pela ria de Aveiro, e pelos rios da bacia hidrográfica do Vouga (Cértima, Alfusqueiro, Águeda, Antuã, Boco e do próprio Vouga na planície litoral, e Agadão, Caima e Mau já nos contrafortes da serra). Os únicos rios que não desaguam no Rio Vouga, mas diretamente na ria de Aveiro, são o Antuã, no município de Estarreja, e o Boco, no município de Ílhavo.

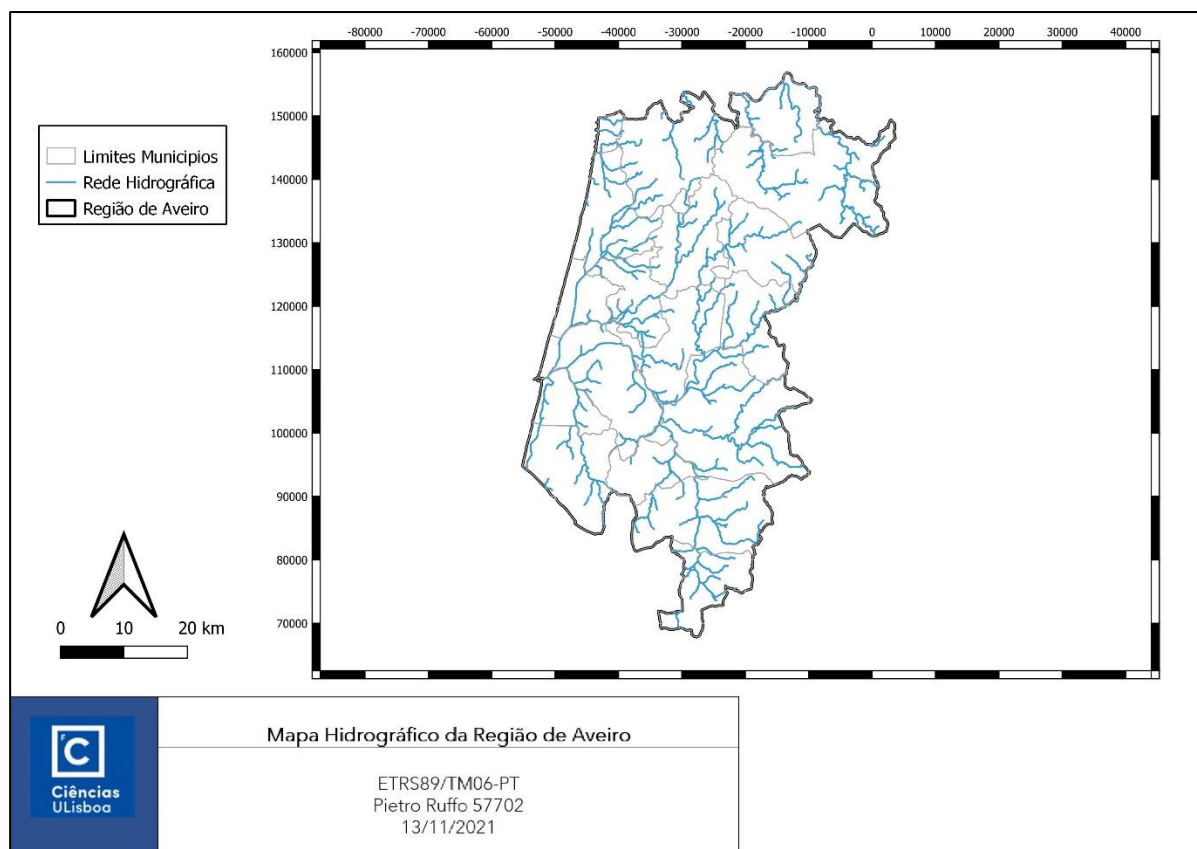


Figura 3-Mapa Hidrográfico da Região de Aveiro

Aspetos Climáticos:

As temperaturas médias mais elevadas, entre 15 e 16 graus Celsius, são registadas na faixa de municípios de Santa Maria da Feira, passando por Aveiro até aos municípios mais a sul de Vagos, Anadia e Mealhada.

As zonas costeiras e interiores têm temperaturas médias entre 12,5 e 15 graus. As temperaturas médias mais baixas são registadas no nordeste da Região no município de Arouca, com valores médios que variam entre 7,5 e 10 graus Celsius.

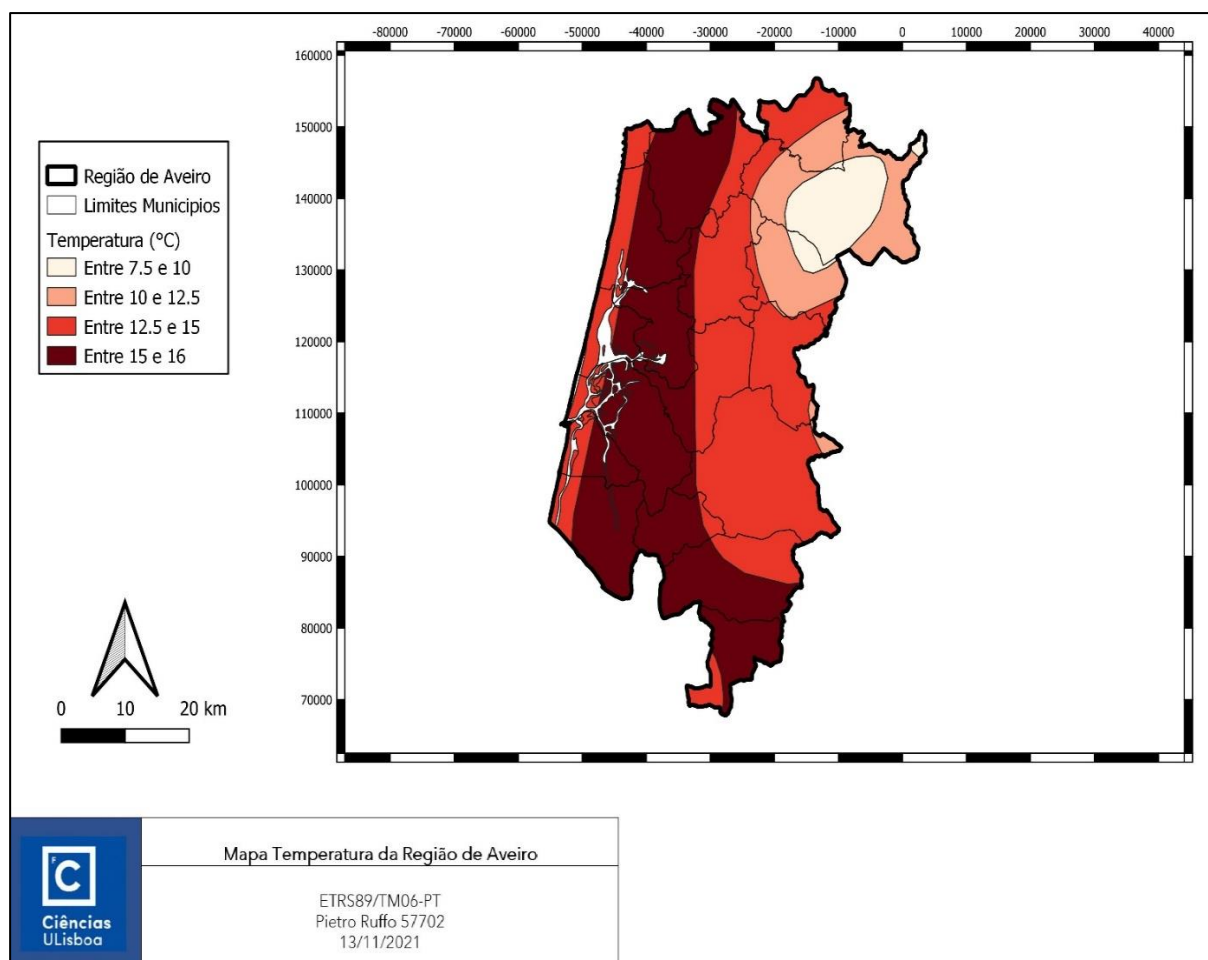


Figura 4-Mapa Temperatura da Região de Aveiro

As áreas mais húmidas da Região são as zonas costeiras e pré-costeiras, com uma percentagem média de humidade que varia entre 80% e mais de 85% perto do oceano.

Os municípios do interior registam valores de humidade entre 70% e 75% com valores mínimos registados nos municípios de Arouca e Mealhada no nordeste e sudeste da Região.

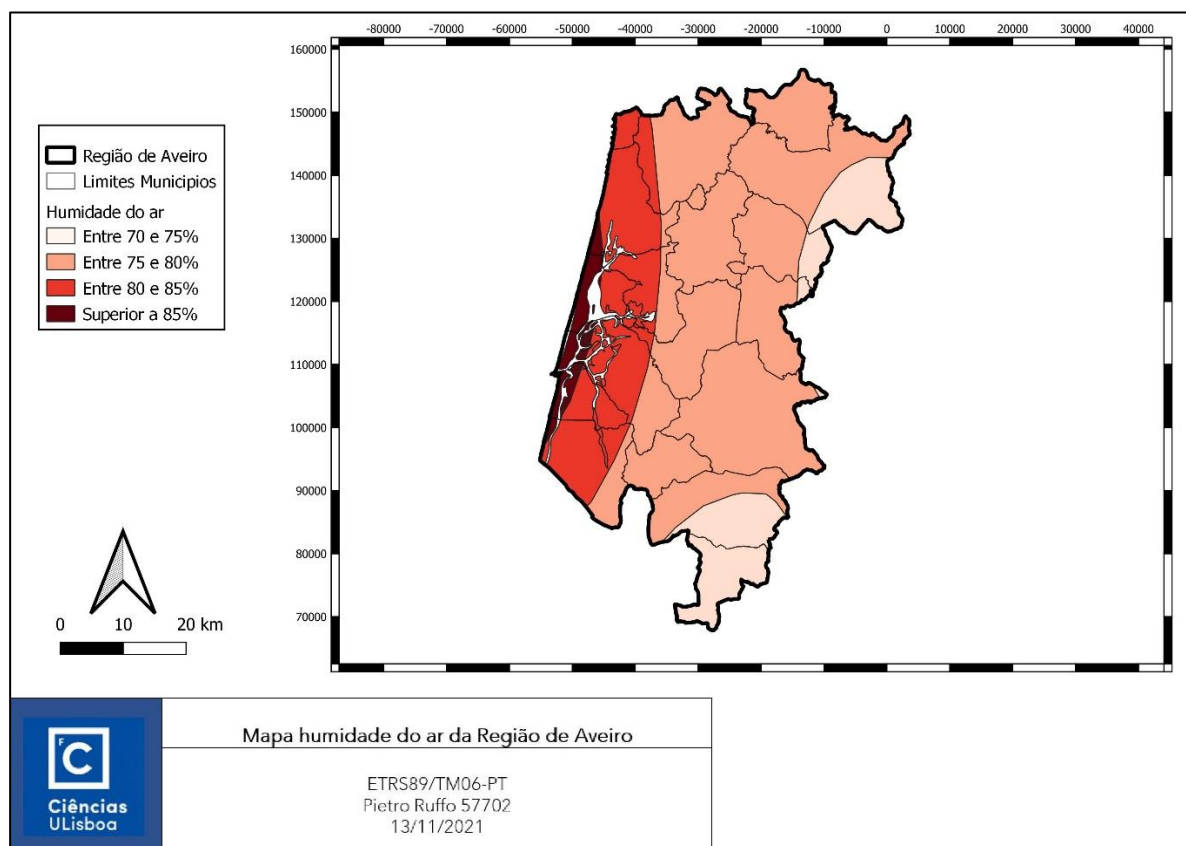


Figura 5-Mapa Humidade do ar da Região de Aveiro

A maior precipitação média anual é registrada nos concelhos a leste da Região como Arouca, Águeda, Anadia e Mealhada com valores médios que variam entre 1600 e 2000 mm atingindo até 2400 mm nas zonas mais interiores.

A zona costeira tende a ser mais árida com valores médios anuais entre 700 e 800 milímetros.

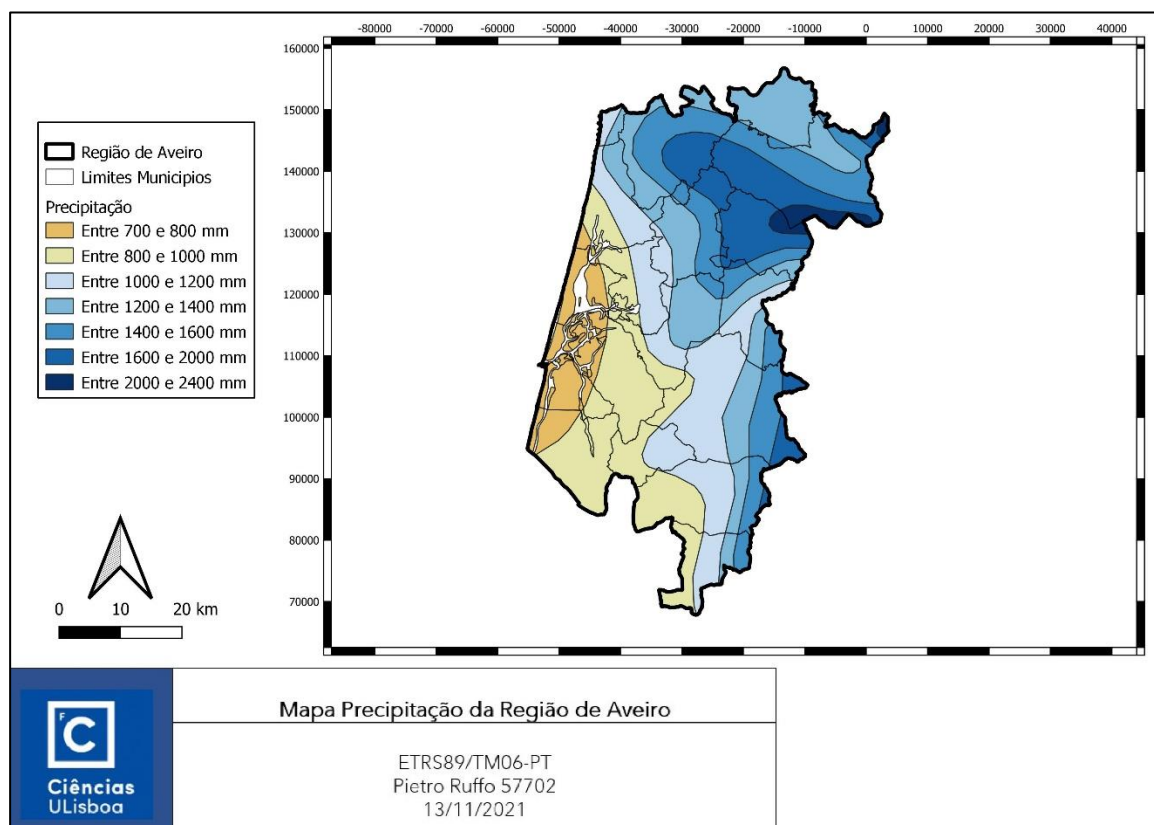


Figura 6-Mapa Precipitação da Região de Aveiro

Densidade Populacional:

Os municípios mais densamente povoados são Ílhavo, Espinho e Santa Maria da Feira com uma densidade entre 459,2 e 2.757 habitantes por quilómetro quadrado.

As zonas mais interiores como os municípios de Castelo da Paiva, Arouca e Sever do Vouga são as menos povoadas, com uma densidade entre 62 e 136 habitantes por quilómetro quadrado.

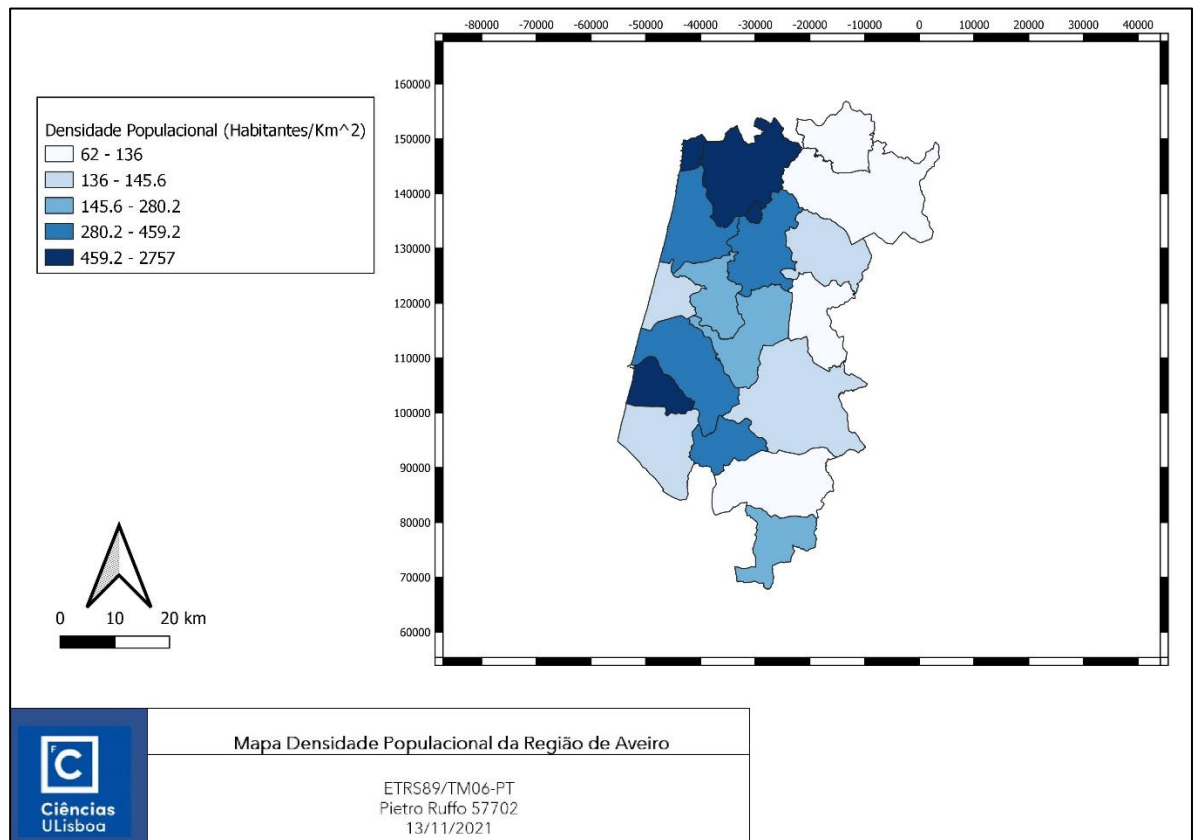


Figura 7-Mapa Densidade Populacional da Região de Aveiro

Uso e Ocupação do solo:

A região é em grande parte constituída por áreas florestais, especialmente nos municípios do interior.

As áreas agrícolas e de pastagens estão concentradas ao longo da faixa pré-coastal desde Santa Maria da Feira no Norte até Anadia no Sul. As áreas artificiais estão concentradas perto dos centros populacionais.

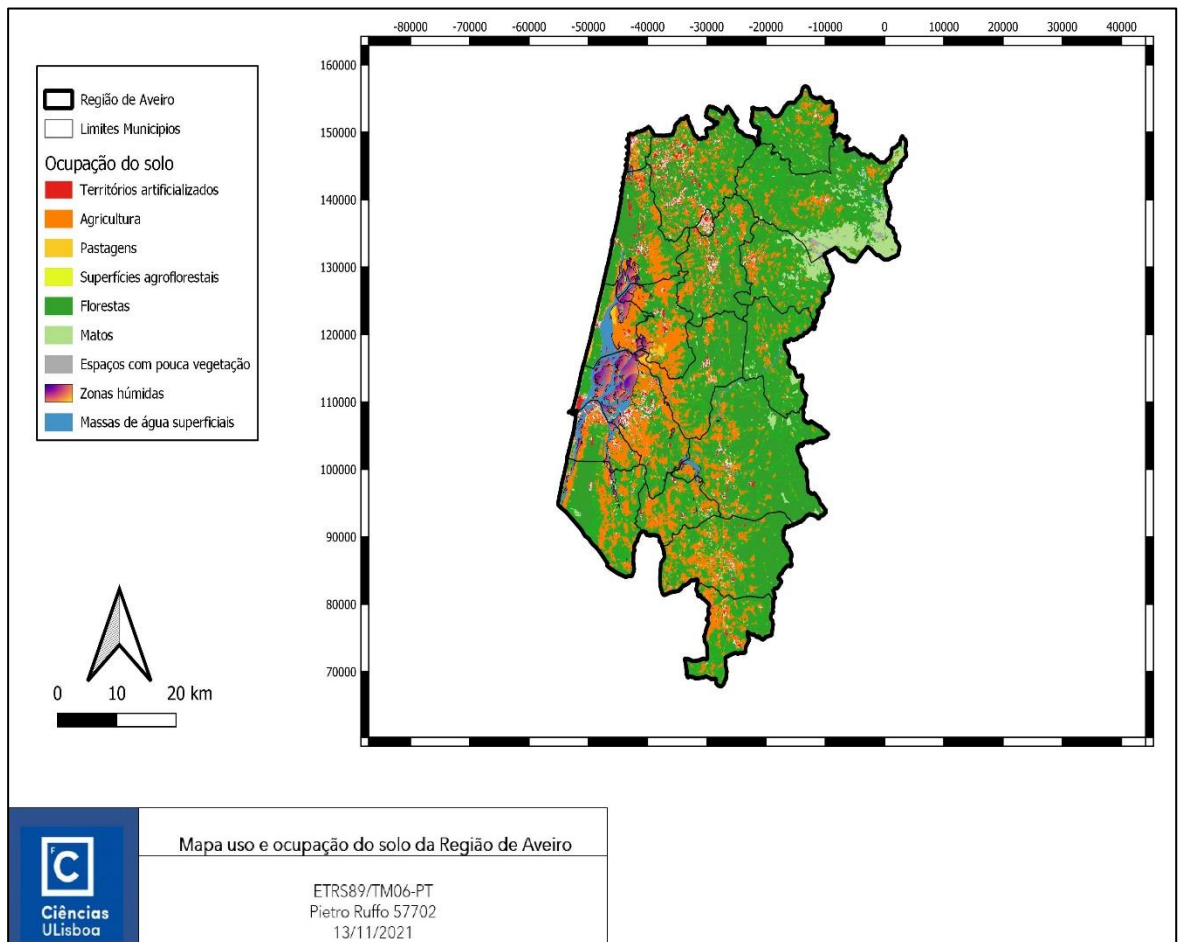


Figura 8-Mapa Ocupação do Solo da Região de Aveiro

A única área protegida na região é a Reserva Natural das Dunas de São Jacinto de 960 hectares.

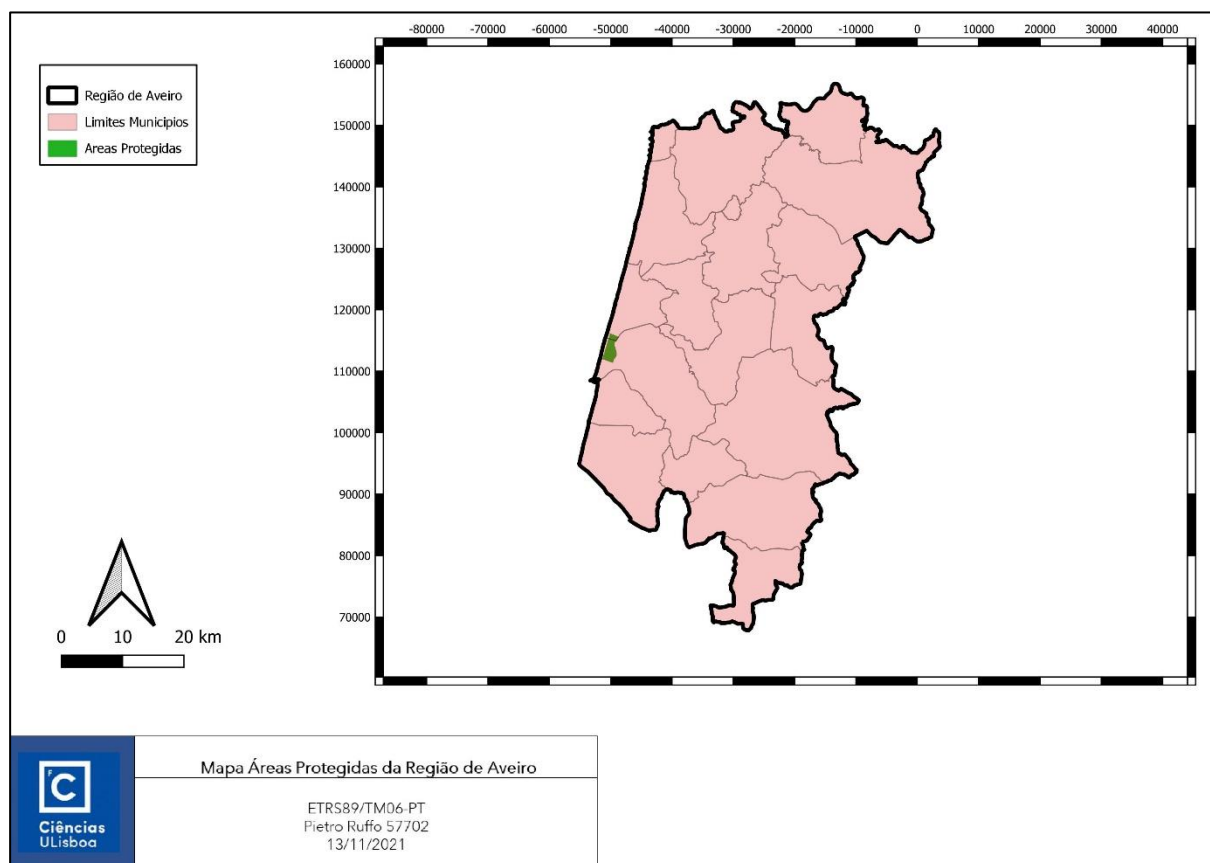


Figura 9-Mapa Áreas Protegidas da Região de Aveiro

Histórico de Incêndios Florestais:

A figura 10 mostra que a maioria dos incêndios ocorreu entre 2016 e 2017, afectando os municípios de Castelo de Paiva e Arouca no Norte e Águeda e Vagos no Sul.

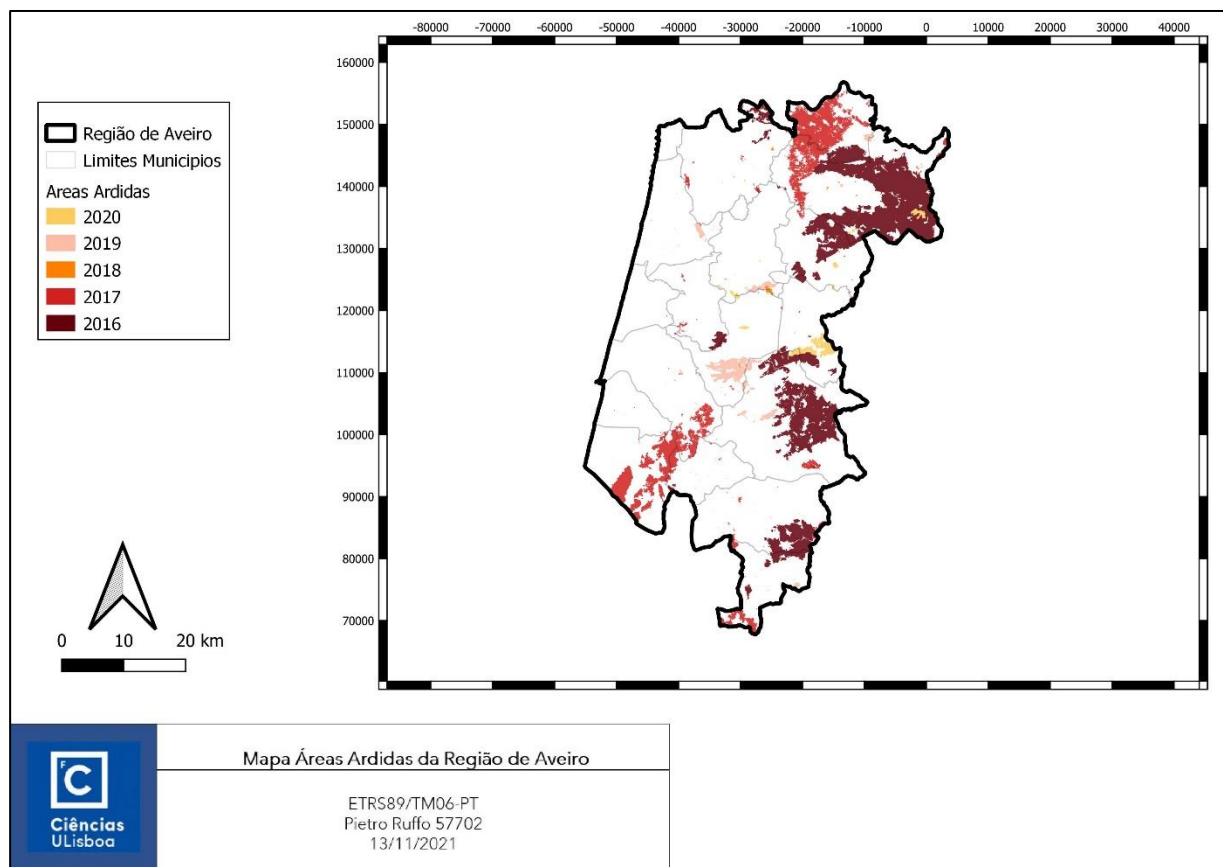


Figura 10-Mapa Áreas Ardidas da Região de Aveiro

De facto, o gráfico confirma que os municípios mais afectados pelos incêndios entre 2011 e 2015 foram Santa Maria da Feira com 168 fogos registados, Arouca com 157, Arouca com 157, Águeda com 93 incêndios e Oliveira de Azemeis com 93 incêndios.

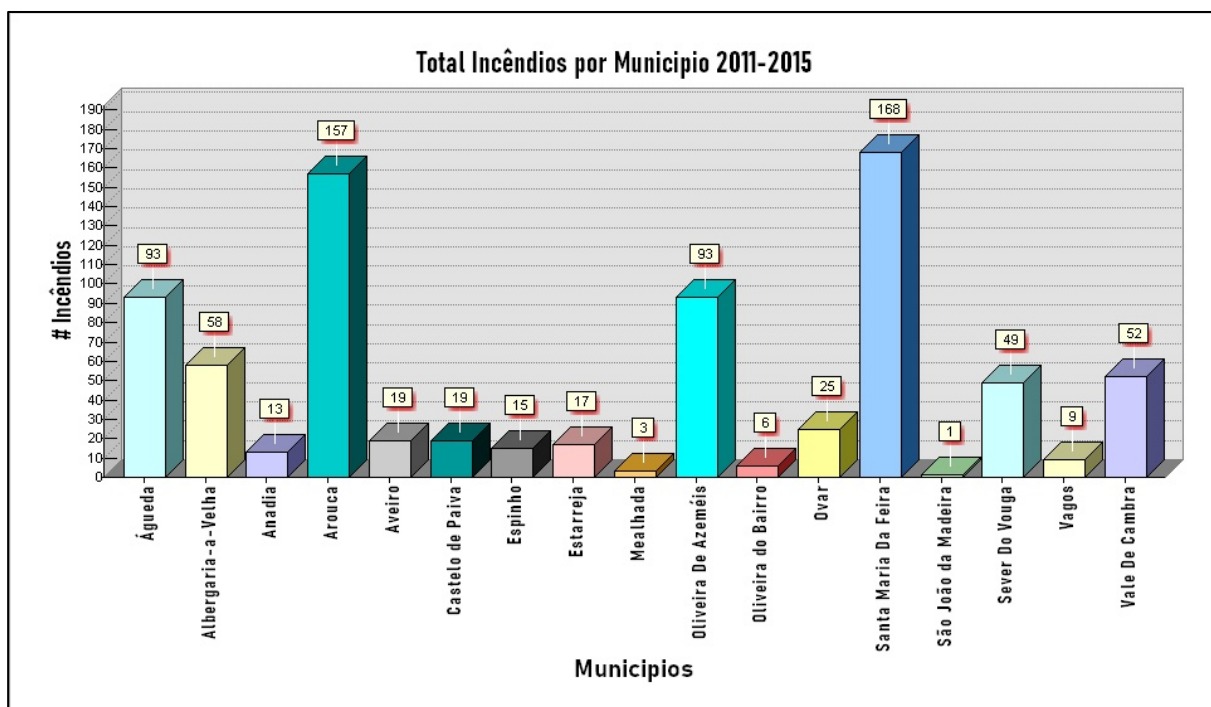


Figura 11-Grafico Total Incêndios por Município 2011-2015

Equipamento de Vigilância Florestal:

Cada município tem pelo menos uma corporação de bombeiros e nas áreas interiores há também torres de vigia.

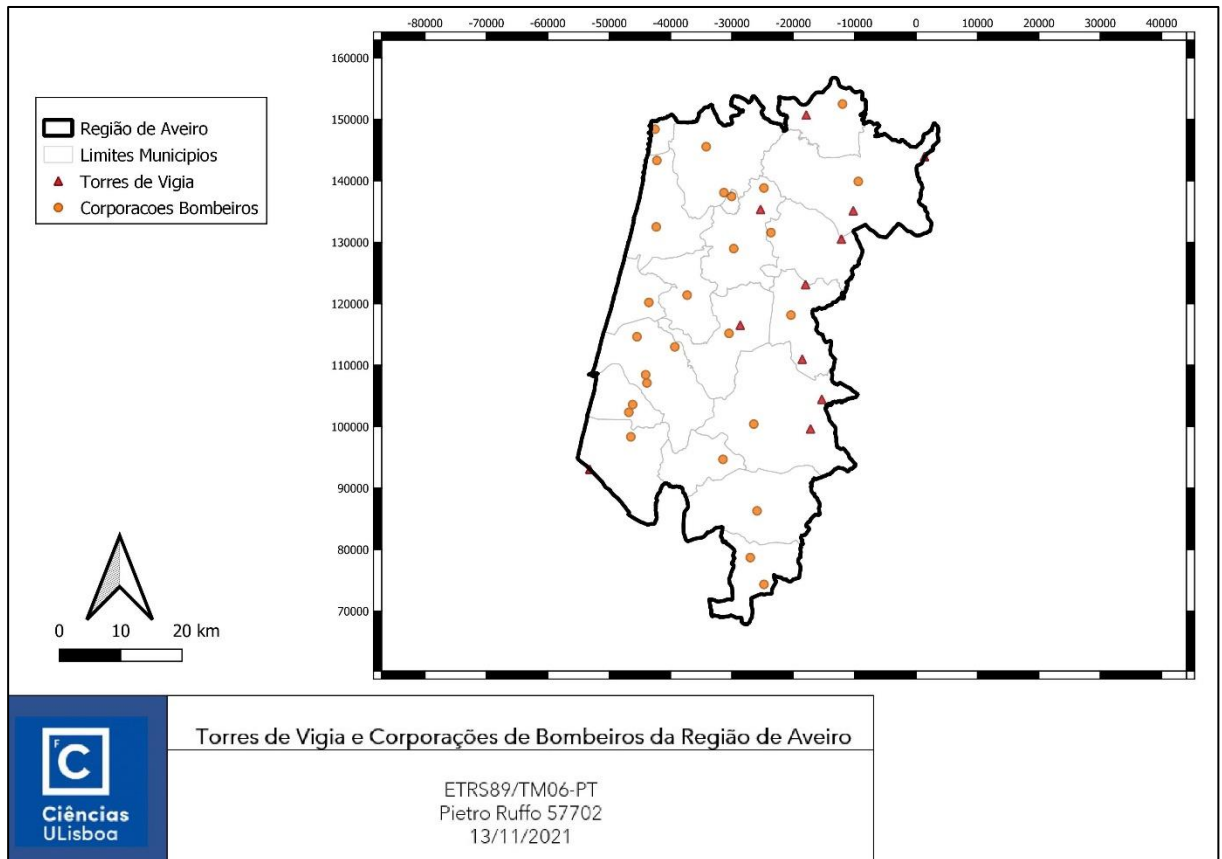


Figura 12-Torres de Vigia e Corporações de Bombeiros da Região de Aveiro

3. Metodologia

A escolha dos critérios, e os seus pesos, para classificar o território em faixas de suscetibilidade foi tomada, com algumas modificações, a partir do artigo seguinte "GIS Multi-Criteria Analysis for Identifying and Mapping Forest Fire Hazard: Nevesinje, Bosnia and Herzegovina". Neste documento, é realizada a identificação, classificação e mapeamento do risco de incêndio florestal na área do Município de Nevesinje, Bósnia-Herzegovina. No artigo, o processo foi desenvolvido com uma ajuda de 8 critérios agrupados em quatro grupos.

Os pesos foram determinados utilizando AHP. O mapa final do risco de incêndio florestal é classificado em 5 categorias, de muito baixo a muito alto risco.

O processo de hierarquia analítica (AHP) é uma técnica de apoio à decisão multicritério. A metodologia permite a comparação de várias alternativas em relação a uma pluralidade de critérios, quer quantitativos quer qualitativos, e obter uma avaliação global para cada uma delas.

Isto torna possível:

- I) ordenar as alternativas de acordo com um eixo de preferência;
- II) seleccionar a melhor alternativa em geral;
- III) atribuir alternativas a subconjuntos pré-definidos.

Os principais pontos fortes são a comparação em pares das alternativas de decisão e a separação entre a importância do critério e o impacto na decisão.

3.1. Critérios usados para o estudo da suscetibilidade a incêndio florestal

De acordo com o procedimento seguido no documento citado, foram elaborados os seguintes critérios:

Tabela 2 - "Critérios usados para o estudo da suscetibilidade a incêndio florestal"

| Pesos <i>w</i> | Suscetibilidade | Inexistente 1 | Baixa 2 | Média 3 | Alto 4 | Extremo 5 |
|---------------------------|------------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| 45 % | Uso e Ocupação do solo | Área Artificiais e Corpos de água | Zona Húmidas | Zonas de agriculturas | Zonas abertas com vegetação | Florestas e áreas de vegetação |

| | | | | | | |
|-------|--|-------|---------------|-----------|-----------|-------------------|
| 7.5% | Distancia a rede Hidrográfica (metros) | 0-200 | 200-500 | 500-800 | 800-1200 | >1200 |
| 7.5 % | Distancia a rede viária (metros) | >1200 | 900-1200 | 600-900 | 300-600 | 0-300 |
| 20% | Declives (%) | 0-5 | 5-10 | 10-20 | 20-25 | >25 |
| 10% | Orientação | N | NO-NE | O-E | SO-SE | S e Zona Plana |
| 7% | Temperatura (°) | < 10 | 10-15 | 15-20 | 20-25 | >25 |
| 3% | Precipitação (mm) | <1000 | 1000- 1200 | 1200-1400 | 1400-1600 | >1600 |

3.2. Modelo de Dados

O objetivo é o de criar um Mapa de suscetibilidade de incêndio florestal pela Região de Aveiro. Este mapa será um instrumento fundamental na tomada de decisão de infraestruturas de vigia e de acessibilidades das forças de combate ao incêndio no terreno.

Para criar o mapa foi necessário realizar uma análise raster multicritério e acessibilidade através das seguintes operações:

❖ Conversion Tool

➤ To Raster

- Polygon to Raster: converte um ficheiro polygon num raster;
- Polyline to Raster: converte um ficheiro polyline num raster;

❖ Análise raster

➤ Spatial Analyst

- Reclassify: reclassifica (ou altera) os valores num raster;
- Raster Calculator: constrói e executa uma única expressão de Álgebra do Mapa usando a sintaxe Python;
- Euclidean Distance: fornece a distância de cada célula da raster à fonte mais próxima.

A construção do mapa de suscetibilidade foi executada através da aplicação do procedimento descrito no seguinte modelo cartográfico:

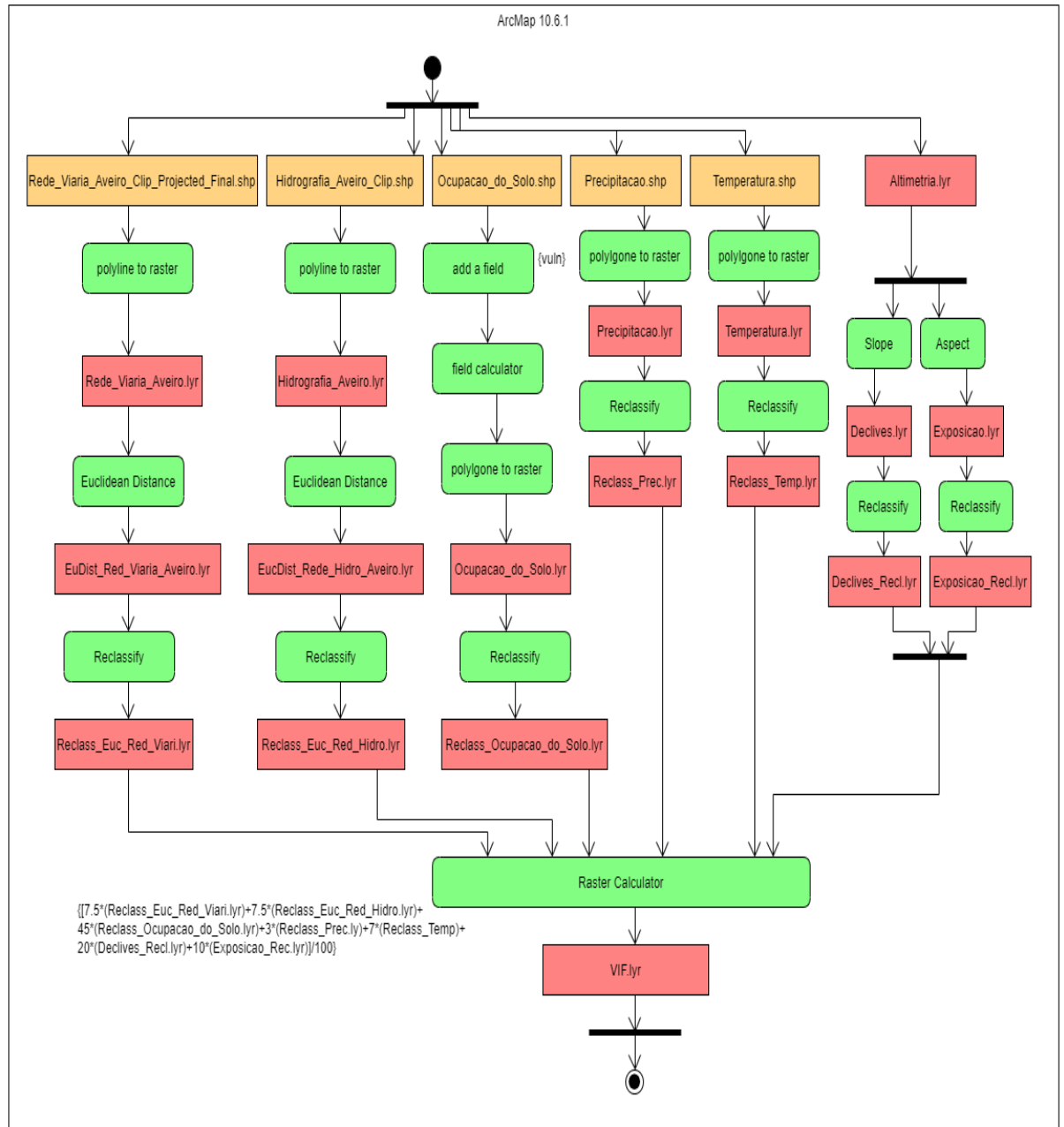


Figura 13 "Modelo Cartográfico de Suscetibilidade de Incendio Florestal da Região de Aveiro"

3.3. Produção da Cartografia de Suscetibilidade de Incendio Florestal

O mapa resultante é o ilustrado abaixo:

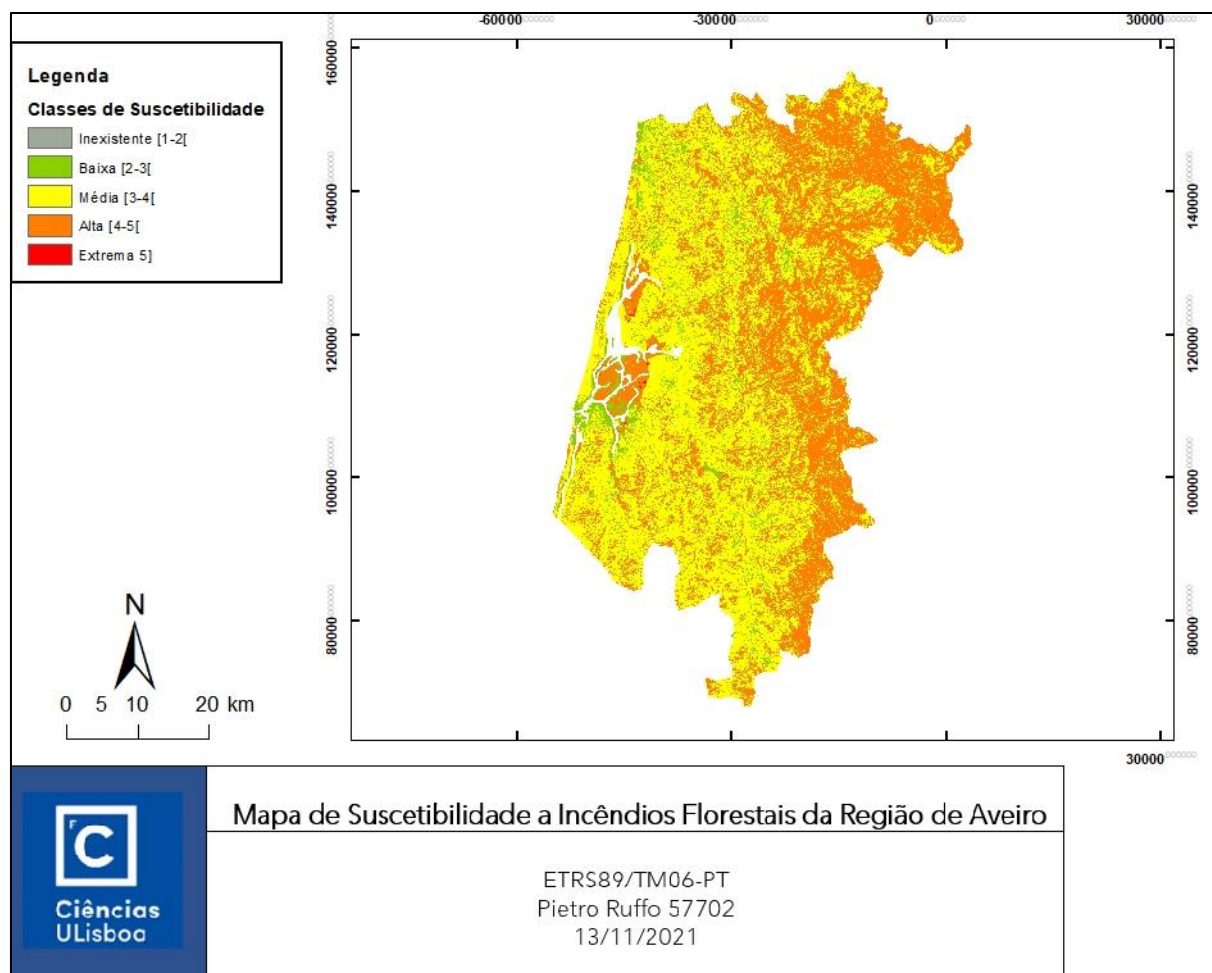


Figure 14 "Mapa de Suscetibilidade a Incêndios Florestais"

A Região de Aveiro é altamente susceptível a incêndios florestais. O facto de a Região ter a maior parte do seu território coberto por áreas florestais, como mostra a figura 8, torna todo o distrito altamente susceptível a incêndios florestais. De facto, a maior parte do território foi classificado pelo menos como "média" em termos de susceptibilidade. Devido ao elevado nível de inclinação do terreno na parte interna, esta zona específica é classificada como de elevada suscetibilidade (em laranja no mapa).

3.4. Proposta de otimização da localização de vigilância florestal

Na fase anterior produziu-se um Mapa de suscetibilidade o qual servirá para é avaliar se os postos de vigia florestal existentes na Região de Aveiro são suficientes e estão eficazmente distribuídos na área de estudo, de forma a que os guardas florestais consigam vigiar visualmente as áreas de maior suscetibilidade.

Além dos comandos utilizados no passo anterior, foi introduzido um novo: a função viewshed. O viewshed identifica as células num raster de entrada que podem ser vistas a partir de um ou mais locais de observação. Cada célula na raster de saída recebe um valor que indica quantos pontos de observação podem ser vistos a partir de cada local. Se tiver apenas um ponto observador, a cada célula que pode ver esse ponto observador é dado um valor 1. Todas as células que não podem ver o ponto observador recebem um valor 0.

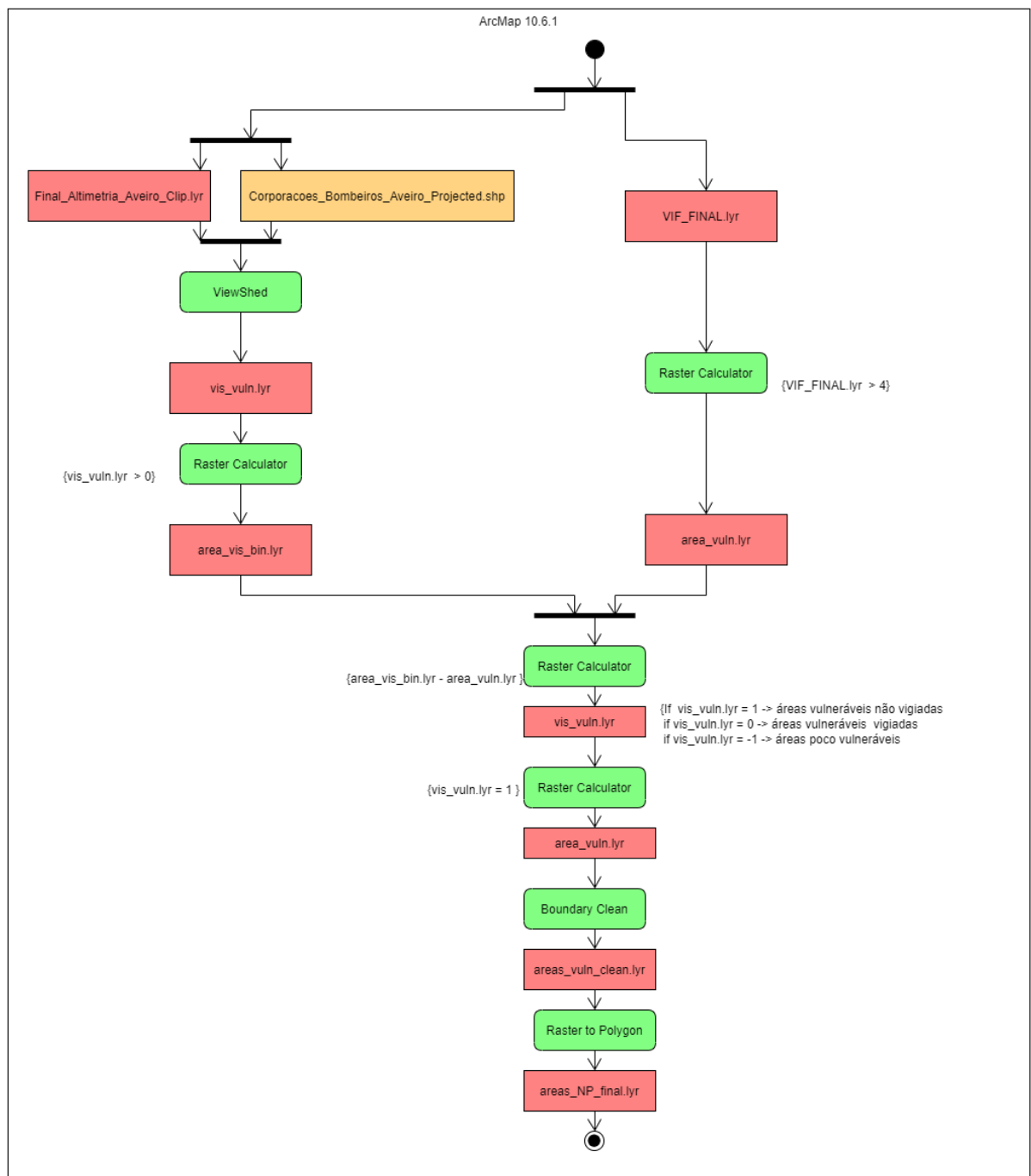


Figure 15" Modelo cartográfico para identificação das zonas de maior suscetibilidade de incendio florestal que não estão vigiadas por qualquer torre de vigia existente"

O procedimento acima produziu os seguintes resultados:

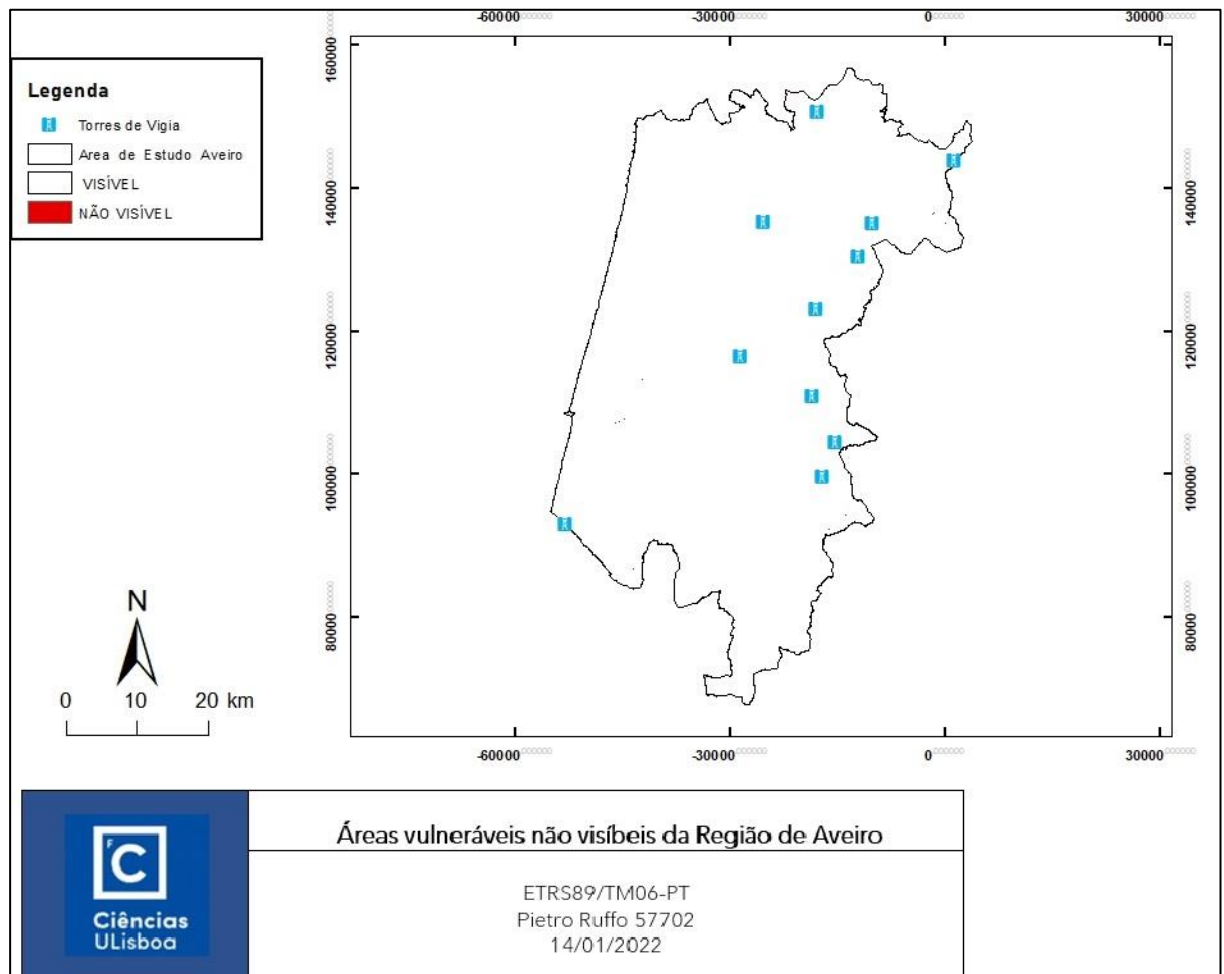


Figura 16 " zonas vulneráveis não visíveis da região de Aveiro"

A análise mostra que, em geral, as torres de vigia existentes cobrem de forma bastante eficiente as áreas de risco. No entanto, foram detectados pontos cegos críticos localizados principalmente nas zonas nordeste e central perto da costa. E é provavelmente nestas áreas que devem ser feitos mais esforços. As figuras 17 e 18 mostram graficamente os resultados obtidos de forma mais detalhada.

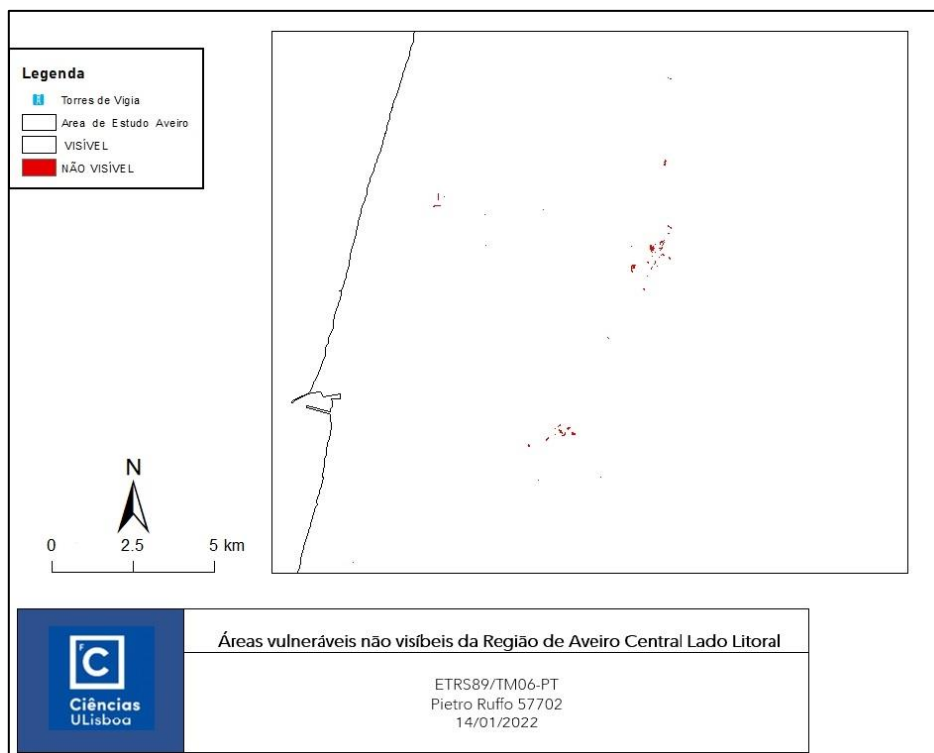


Figura 17 "Áreas vulneráveis não visíveis da região de Aveiro central lado litoral"

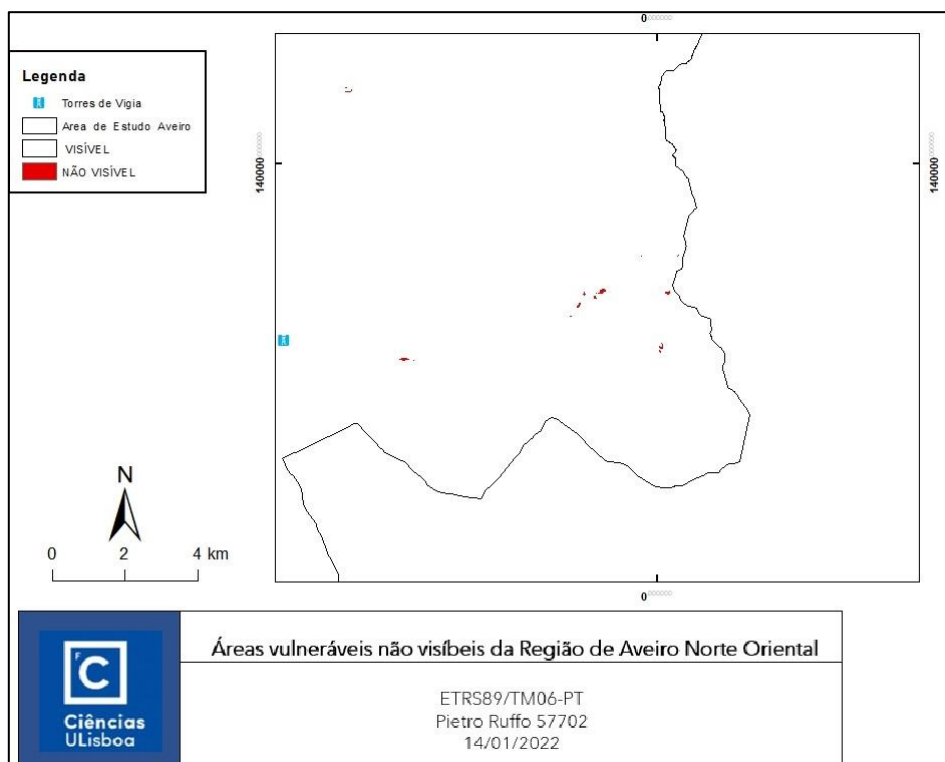


Figura 18" Áreas vulneráveis não visíveis da região de Aveiro Norte Oriental

3.5 Proposta de otimização de percursos de combate a incêndios florestais

Agora pretende-se avaliar as acessibilidades das corporações de bombeiros existentes na Região de Aveiro para as zonas de maior suscetibilidade de incêndio florestal. As acessibilidades vão ser avaliadas em termos de custo, o qual será determinado a partir da velocidade média de circulação sobre as estradas que depende do tipo de estrada e do declive do terreno.

Assim consideram-se os seguintes valores de custo de circulação:

| Declives (%) | Velocidade Média (km/h) | Custo (min / 10 km) |
|-----------------------------|-------------------------|---------------------|
| 0-15 (com veículo a motor) | 20 | 30 |
| 15-30 (com veículo a motor) | 10 | 60 |
| > 30 (a pé) | 2 | 300 |

| Tipo de Estrada | Velocidade Média (km/h) | Custo (min / 10 km) |
|---------------------|-------------------------|---------------------|
| Auto-estradas | 100 | 6 |
| Estradas principais | 60 | 10 |
| Outras Estradas | 50 | 12 |

Foram utilizadas duas novas funções: Cost Distance e Cost Path. A Cost Distance dá a distância à fonte mais próxima para cada célula do raster, com base no custo menos acumulado sobre uma superfície de custo, enquanto que a Cost Path dá o caminho com o menor custo desde uma fonte até um destino.

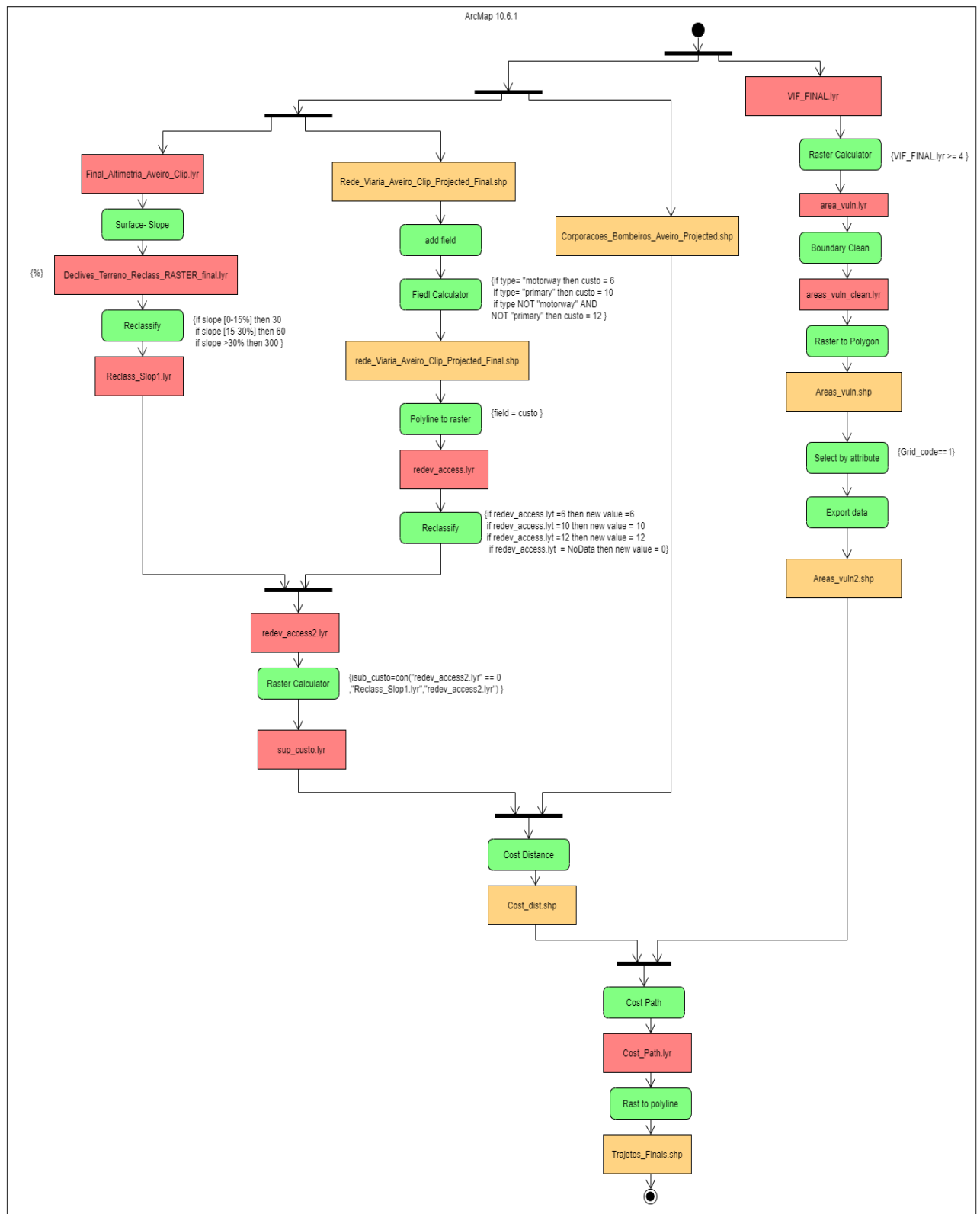


Figure 19 "Modelo cartográfico para o cálculo dos percursos de custo mínimo a partir das corporações de bombeiros até às zonas de maior suscetibilidade de incendio florestal "

O mapa resultante é o seguinte:

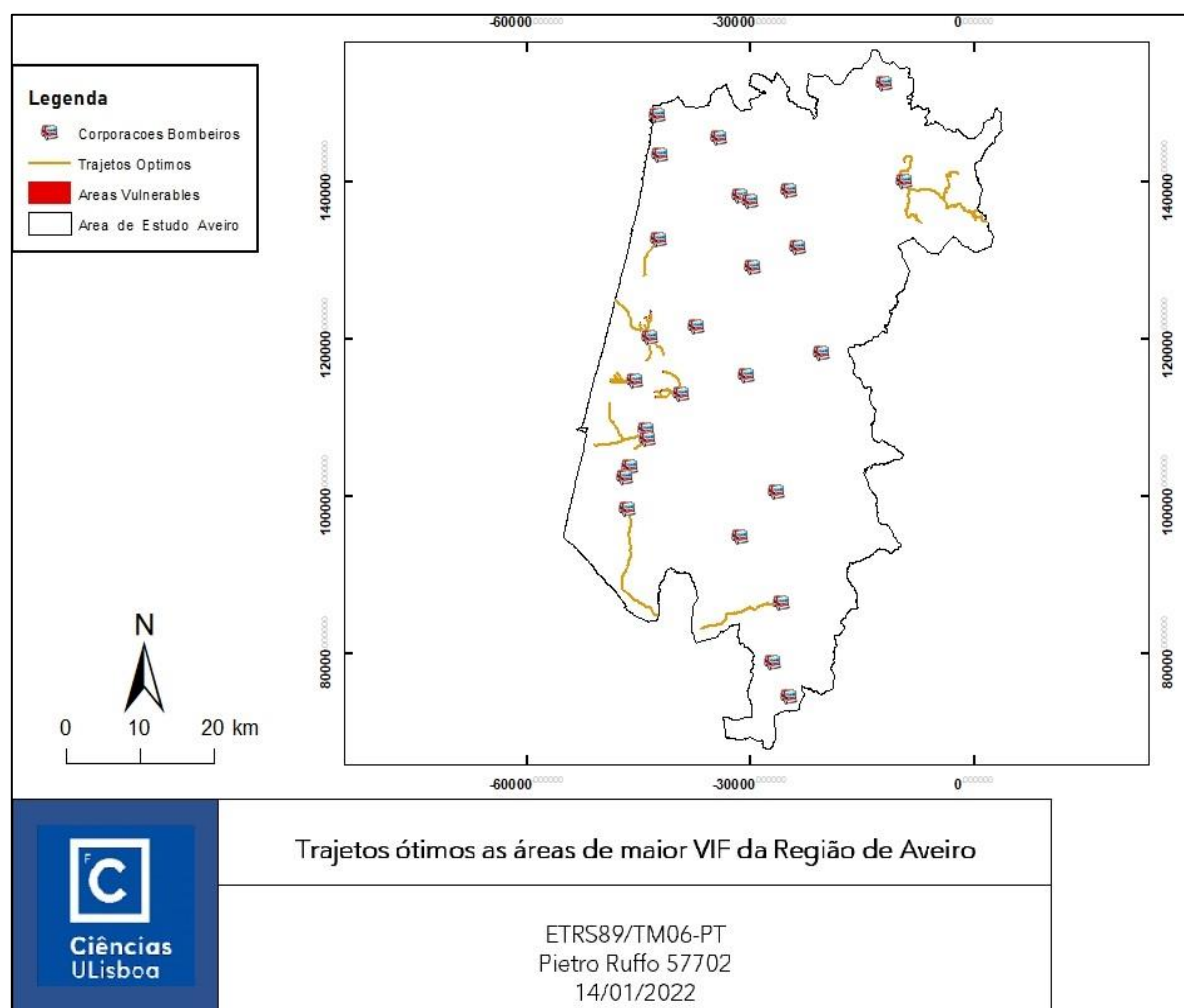


Figure 20 " Trajetórias ótimas para as áreas de alta e extrema suscetibilidade da Região de Aveiro"

4. Análise dos Resultados

Os resultados resultantes destacam-se como se segue:

- Com respeito ao nível de susceptibilidade aos incêndios florestais da Região de Aveiro, é possível notar como, em geral, toda a área está exposta a um nível de susceptibilidade definido como médio e as áreas mais orientais são as expostas a um elevado nível de susceptibilidade. Não obstante, foram identificadas zonas classificadas como extremas. As zonas classificadas como de baixo nível de susceptibilidade são muito poucas.
- As zonas extremamente susceptíveis não cobertas pelas torres de vigia existentes estão localizadas especialmente perto da zona costeira central e na zona norte oriental.
- A análise dos caminhos ideais mostra como, em geral, as zonas centrais vulneráveis podem ser facilmente alcançadas pelos camiões dos bombeiros, enquanto as zonas tanto no Norte como no Sul da região não são tão facilmente alcançáveis.

5. Conclusões

Utilizando dados relativamente fáceis de aceder e ferramentas SIG para análise de dados geoespaciais foi possível produzir um relatório perspicaz para os decisores políticos da Região de Aveiro. Isto sublinha o poder de tal tecnologia e o papel central que deve desempenhar na definição da política pública no que diz respeito à prevenção de incêndios florestais e, em geral, no apoio à tomada de decisões críticas em diferentes domínios devido à variedade de aplicações possíveis.

Referências Bibliográficas

- "Causas de incêndios florestais em Portugal continental. Análise estatística da investigação efetuada no último quinquénio (1996 a 2010), January 2012, Luciano Lourenço et al.;
- "Forest fires in Portugal in 2017", December 2020, Jesús San-Miguel-Ayanz et al.;
- "GIS Multi-Criteria Analysis for Identifying and Mapping Forest Fire Hazard: Nevesinje, Bosnia and Herzegovina", June 2018, Gordana Jakovljević.