



Instituto Politécnico de Viana do Castelo

**Escola Superior
Agrária**

**Redundância em Pontos de Água para o Combate
aos Fogos Rurais: Caso de Estudo Teórico sobre a
Utilização de Fontes Renováveis de Energia no
Concelho de Ponte de Lima**

Tiago Barros Florindo

Dezembro de 2024



Instituto Politécnico de Viana do Castelo

**Escola Superior
Agrária**

Redundância em Pontos de Água para o Combate aos Fogos Rurais: Caso de Estudo Teórico sobre a Utilização de Fontes Renováveis de Energia no Concelho de Ponte de Lima

Tiago Barros Florindo

Dissertação de Mestrado em
Engenharia do Território e do Ambiente

Trabalho efetuado sob a orientação de
Professor Doutor Leonel Jorge Ribeiro Nunes

Dezembro de 2024

Índice

Lista de Figuras	IV
Lista de Tabelas	VI
Lista de Abreviaturas e Símbolos	VII
Resumo	IX
Abstract.....	X
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos	5
2. Metodologia.....	6
2.1. Obtenção e análise dos dados bibliométricos	6
2.2. Recolha e identificação dos dados cartográficos	7
2.3. Criação e comparação dos mapas temáticos	7
2.4. Identificação e caracterização dos pontos de água	7
2.5. Avaliação de risco dos sistemas tradicionais e dos sistemas renováveis	7
2.6. Cronograma.....	9
3. Resultados.....	10
3.1. Análise bibliométrica	10
3.2. Localização	19
3.3. Dados demográficos e socioeconómicos	20
3.4. Caracterização biogeofísica	21
3.4.1. Biodiversidade e Áreas Protegidas.....	21
3.4.2. Distribuição geográfica: florestas, matos e solos agrícolas.....	21
3.4.3. Geologia	23
3.4.4. Rede Hidrográfica	25
3.4.5. Hidrogeologia.....	26
3.4.6. Clima	28

3.4.7. Áreas ardidas	32
3.4.8. Locais críticos de fogo	34
3.4.9. Pontos de água.....	36
3.4.10. Perigosidade	36
3.5. Comparação de resultados	37
3.5.1. Localização de pontos de água perto das zonas florestais	37
3.5.2. Perigosidade de fogo florestal	38
3.5.3. Hidrogeologia dos pontos de água	39
3.6. Avaliação de risco	42
3.6.1. Matriz de risco.....	42
3.6.2. Sistema de captação a partir de fontes renováveis	44
4. Discussão	47
5. Conclusão	49
6. Referências bibliográficas	50

Lista de Figuras

Figura 2. 1. Processo metodológico.....	6
Figura 2. 2. Matriz qualitativa de risco (Góis, 2020 citado por Pires, 2022).	8
Figura 2. 3. Cronograma.....	9
Figura 3. 1. Produção científica anual (2015-2023).	10
Figura 3. 2. Citação média anual (2015-2023).	11
Figura 3. 3. Citação média por artigo (2015-2023).	11
Figura 3. 4. Fontes mais relevantes (2015-2023).	12
Figura 3. 5. Autores mais relevantes com a fracionalização de dois artigos.	13
Figura 3. 6. Afiliações mais relevantes.....	14
Figura 3. 7. Evolução da produção das fontes (2015-2023).	15
Figura 3. 8. Documentos mais citados na totalidade.	16
Figura 3. 9. Documentos mais citados por ano.....	17
Figura 3. 10. Mapa temático dos campos de estudo.....	18
Figura 3. 11. Mapa de Portugal (esquerda) e de Ponte de Lima (direita).	19
Figura 3. 12. Imagem de satélite de Ponte de Lima.	19
Figura 3. 13. Tabela demográfica (população residente em Ponte de Lima) (NUTS-2013) (Adaptado de INE, 2023).	20
Figura 3. 14. Distribuição geográfica de florestas, matos e solos agrícolas em Ponte de Lima.....	22
Figura 3. 15. Zonas de Intervenção Florestal em Ponte de Lima.	23
Figura 3. 16. Carta Geológica de Ponte de Lima (Gomes et al., 2008a).	24
Figura 3. 17. Rede Hidrológica de Ponte de Lima.	25
Figura 3. 18. Carta Hidrogeológica de Ponte de Lima.	26
Figura 3. 19. Legendas da Carta Hidrogeológica de Ponte de Lima (Figura 3.18).	27

Figura 3. 20. Temperatura Máxima de Ponte de Lima.	28
Figura 3. 21. Temperatura Mínima de Ponte de Lima.	29
Figura 3. 22. Precipitação Anual de Ponte de Lima.	31
Figura 3. 23. Áreas ardidas em Ponte de Lima (2023).	34
Figura 3. 24. Locais críticos de fogo.	35
Figura 3. 25. Pontos de água.....	37
Figura 3. 26. Perigosidade de fogo em Ponte de Lima.....	37
Figura 3. 27. Localização dos pontos de água perto das zonas florestais em Ponte de Lima.	38
Figura 3. 28. Perigosidade florestal em Ponte de Lima.	39
Figura 3. 29. Hidrogeologia dos pontos de água de Ponte de Lima.	40
Figura 3. 30. Legendas da hidrogeologia dos pontos de água de Ponte de Lima (Figura 3.29).	41
Figura 3. 31. Matriz de risco antes dos sistemas de bombeamento renováveis.	43
Figura 3. 32. Matriz de risco depois dos sistemas de bombeamento renováveis.	43

Lista de Tabelas

Tabela 3. 1. Tipologia e idade dos granitoides (Gomes et al., 2008a).	24
Tabela 3. 2. Precipitação de Ponte de Lima (Adaptado por INE).	30
Tabela 3. 3. Pressão atmosférica de Ponte de Lima (Adaptado por Weather Spark).....	32
Tabela 3. 4. Áreas ardidas (em hectares) ao longo do tempo.	33
Tabela 3. 5. Localização e distância de proximidade dos pontos de água com outros pontos e redes hidrológicos.	38
Tabela 3. 6. Descrição dos pontos de água: classe, categoria, tipo e propriedade.....	32
Tabela 3. 7. Descrição dos pontos de água: características físicas.	34
Tabela 3. 8. Comparação das vantagens e desvantagens das fontes renováveis (Sousa, 2023).....	45

Lista de Abreviaturas e Símbolos

ANEPC	Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil
BITC	Boca de Fogo Tipo Carretel
Q	Caudal
DFCI	Defesa da Floresta Contra Fogos
GEE	Gases de Efeito de Estufa
°C	Graus Celsius
GNR	Guarda Nacional Republicana
ha	Hectare
INE	Instituto Nacional de Estatística
Li	Lítio
LNEG	Laboratório Nacional de Energia e Geologia
L/min·bar ^{0,5}	Litros por minuto bar
L/s	Litros por segundo
±	Mais ou menos; incerteza
PM10	Material Particulado de diâmetro inferior a 10 micrómetros (µm)
Máx.	Máximo
Máx./dia	Máximo por dia
m	Metro
m ³	Metro cúbico
m ²	Metro quadrado
µm	Micrómetro
MA	Milhões de anos
mb	Milibar
mm	Milímetros
Mín.	Mínimo
NUTS	Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (Nomenclature des unités territoriales à des fins statistiques)
OD	Oxigénio Dissolvido
%	Percentagem
PDM	Planos Diretores Municipais
PMDFCI	Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios

PME	Plano Municipal de Emergência
PNPOT	Programa Nacional da Política do Ordenamento do Território
PROT	Programa Regional de Ordenamento do Território
PROF	Programa Regional de Ordenamento Florestal
PPCI	Projeto de Prevenção e Combate a Fogo
km	Quilómetro
km ²	Quilómetro quadrado
km/h	Quilómetro por hora
shp	Shapefile
SI	Serviços de Incêndio
SGIF	Sistema de Gestão de Informação de Incêndios Florestais
SIG	Sistema de Informação Geográfica
STD	Sólidos Totais Dissolvidos
STS	Sólidos Totais Suspensos
<i>t</i>	Tempo
UE	União Europeia
UOPG18	Unidade Operativa de Planeamento e Gestão 18
VFCI	Veículo Florestal de Combate a Incêndios
VLCI	Veículo Ligeiro de Combate a Incêndios
<i>V</i>	Volume
ZIF	Zonas de Intervenção Florestal

Resumo

O estudo dos fogos evoluiu não só no desenvolvimento de estratégias de combate contrafogos e soluções para a prevenção de riscos dos mesmos, também no mapeamento, desde a cartografia básica até a detecção remota com a utilização dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que permitiram visualizar as áreas queimadas, o tipo de vegetação, a localização dos pontos de água e entre outras. Este estudo teve como objetivo avaliar a aplicação de fontes renováveis na redundância dos sistemas de abastecimento de água para o combate aos fogos rurais no concelho de Ponte de Lima. Foi feita uma análise do concelho no ArcGis com os dados obtidos do GeoCATALOGO, como as áreas ardidas, clima, pontos de água, perigosidade e entre outras. Por outro lado, foi construído duas matrizes de risco comparando o sistema tradicional com o sistema sustentável. Logo, foi explicado os sistemas de abastecimento a partir das fontes renováveis, incluindo as vantagens e desvantagens. Após sugerir os modelos para sua aplicação, que foram a partir de fontes de energia solar e eólica, mostrou-se os prós e contras de cada modelo proposto. Com isso, determinou-se a viabilidade e a redundância dos sistemas renováveis, ao igual que os seus benefícios no meio ambiente para a sua aplicação no combate aos fogos.

Palavras-chave: *pontos de água, fogo, fontes renováveis, estratégias contra fogos, reservatório da água*

Abstract

The study of fires has evolved not only in the development of firefighting strategies and solutions for preventing fire risks, but also in mapping, from basic cartography to remote detection with the use of Geographic Information Systems (GIS), which allowed view the burned areas, the type of vegetation, the location of water points, among others. This study aimed to evaluate the application of renewable sources in the redundancy of water supply systems to combat rural fires in the municipality of Ponte de Lima. An analysis of the municipality was carried out in ArcGis with data obtained from GeoCATALOGO, such as burned areas, climate, water points, danger, among others. On the other hand, two risk matrices were constructed comparing the traditional system with the sustainable system. Therefore, supply systems from renewable sources were explained, including the advantages and disadvantages. After suggesting the models for its application, which were based on solar and wind energy sources, the pros and cons of each proposed model were shown. With that, the viability and redundancy of sustainable systems were determined, as well as their benefits on the environment for their application in fighting fires.

Key-words: *water points, fire, renewable sources, fire strategies, water reservoir.*

1. Introdução

1.1. Enquadramento

A deteção remota, tornou-se mais fácil a investigação das áreas de estudo, como na área dos fogos. No estudo dos fogos, tem sido desenvolvido desde a sua cartografia básica até a evolução tecnológica dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) nas últimas décadas, sobretudo em países do mediterrâneo, como Portugal, que apresentam maior número de ocorrência de fogos (Brandão e Neto, 2016), pois o número de ocorrências registados pelo ICNF estão acima da média europeia (Nunes, 2019). Através da utilização dos SIG, permitiu a elaboração de análises espaço-temporais para determinar o risco de fogo, sua avaliação ou o risco potencial de políticas do solo, incluindo parâmetros socioeconómicos, que relacionam os fogos, e variáveis físicas e demográficas, que permitem determinar a influência do potencial de ocorrência de fogos (Brandão e Neto, 2016). Por outro lado, de acordo com Nunes (2019), vários autores admitem que é fácil distinguir visualmente as áreas queimadas por deteção remota, devido à sua ampla diversidade espacial e espectral, tempo de ocorrência e o seu tipo de vegetação afetada. Então, através da deteção remota dos SIG, permitiu a localização de pontos de água existentes, áreas com maior risco de fogo e entre outras.

As causas dos fogos podem ser principalmente causadas de forma intencional, natural, desconhecida, negligente ou por reacendimento, segundo a GNR (Guarda Nacional Republicana) (Nunes, 2019). Por outro lado, apresentam riscos para o ambiente, tais como: invasões biológicas, como o caso da *Acacia longifolia* e da *Acacia melanoxylon*; qualidade do ar, segundo os valores médios diários da concentração de partículas em suspensão (PM10); erosão, que dificultará a recuperação ambiental e paisagística; deslizamento de terra; e entre outras (Câmara Municipal de Ponte de Lima, 2018).

Os fogos rurais causam impactos tanto na saúde humana como no meio ambiente (González-Pelayo *et al.*, 2023), onde no ecossistema, causa um efeito seletivo, impactando as características das espécies, populações, comunidades e ecossistemas (García-Redondo *et al.*, 2023), devido às alterações climáticas e meteorológicas, que fazem aumentar não só as ocorrências de fogo como também a sua intensidade (Lecina-Díaz *et al.*, 2023; González-Pelayo *et al.*, 2023). Afetado pelas alterações climáticas e a evolução sociodemográfica nas áreas rurais, causando abandono dos terrenos impactando a agricultura, a utilização da terra e a gestão de combustível, onde Portugal enfrenta

condições irregulares, dado que há fogos graves e incontrolláveis mais frequentes, que ultrapassam a capacidade dos recursos existentes e aumenta a exposição das comunidades (Oliveira *et al.*, 2021).

Na Península Ibérica, a formação de fogos pode ser causada pela utilização dos fogos para gerir as terras (como a limpeza de terras para pastagens), devido á sua incorreta utilização, que podem atingir maior intensidade (Lecina-Diaz *et al.*, 2023; Castro *et al.*, 2022). Por outro lado, as queimadas nas paisagens florestais e arbustivas são comuns nas regiões com um clima mediterrânico, onde houve uma adaptação evolutiva das plantas e dos ecossistemas para tolerarem os fogos através de características morfológicas, como a sua dinâmica sucessória, resiliência e capacidade de regeneração (Bergmeier *et al.*, 2021). Por exemplo, os sobreiros (*Quercus suber*) com a sua casca espessa, são dispersas sementes de pinha rebentadas através da indução do fogo; e algumas *Cistaceae* pirófilas, as sementes são germinadas, quando desencadeadas pelo calor e fumaça do fogo (Bergmeier *et al.*, 2021).

Os fogos não só afetam a biodiversidade também os solos, rios e ar. Depois dos fogos, a terra e a água nos locais inclinados, causam riscos de perdas de solo, isto é, fertilidade nas encostas e erosões extremos (González-Pelayo *et al.*, 2023). Por outro lado, as propriedades do solo são afetadas dependendo da intensidade dos impactos do fogo na vegetação, tais como a capacidade de infiltração, repelência à água, estabilidade agregada e resistência à tensão de cisalhamento (González-Pelayo *et al.*, 2023). Os sistemas fluviais são também afetados pelos fogos, afetando a qualidade da água do rio, ao longo do espaço e tempo, causando problemas antrópicas (por exemplo, a agricultura e urbanização), como uma poluição difusa (Sequeira *et al.*, 2023). De acordo com Sequeira *et al.* (2023), estudos indicam, que a sua utilização pode causar estragos no solo e no consumo, devido á sua alta concentração de nutrientes (como, azoto e fósforo), sólidos totais dissolvidos (STD), diminuição do oxigénio dissolvido (OD) e aumentos de concentração de sólidos totais suspensos (STS), devido o escoamento de sedimentos e cinzas pelas encostas queimadas após os fogos. A importância dos contextos ecológicos aumentou, quando o objetivo do mesmo era ajudar a planear um plano para o combate aos fogos florestais na bacia hidrográfica (Terêncio *et al.*, 2018). Uma das consequências do fogo para a atmosfera é as alterações climáticas, pois a queima da vegetação liberta quantidades elevadas de dióxido de carbono (CO₂), aumentando, significativamente, a concentração dos gases de efeito de estufa (GEE) (Fernandez *et al.*, 2021).

De acordo com o Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Fogos (2013-2017), para Ponte de Lima, segundo o Decreto-Lei n.º 124/2006, de 28 de junho, o PMDFCI apresenta medidas necessárias de prevenção de defesa da floresta e de pessoas e bens contra fogos, contribuindo a intervenção de várias entidades envolvidas (Dias *et al.*, 2018). Por outro lado, no Plano Municipal de Emergência (PME), menciona os principais riscos identificados no concelho, sendo naturais (por exemplo, fogos florestais) e tecnológicos (por exemplo, fogos urbanos) (Dias *et al.*, 2018). As origens dos fogos podem ser desencadeadas por meios naturais e por meios antrópicas, no entanto os fogos florestais são descontroláveis, devido à sua ignição de origem com condições favoráveis para a sua propagação no perímetro florestal, como baixo teor de humidade nos combustíveis finos, encostas íngremes, níveis de humidade do ar baixas e entre outras (Farinha *et al.*, 2022). Principalmente, são ocorridos nas épocas de seca, no verão, onde, consequentemente, as alterações climáticas e o uso excessivo de água podem causar secas crescentes, as nascentes ficarem secas e os rios sazonais transportarão menos água, levando a um cenário com temperaturas elevadas, precipitação baixa, aridez prolongada, escassez de água no solo e aumento do risco de fogos (Bergmeier *et al.*, 2021), onde será difícil definir e quantificar as utilidades da água contra os fogos (Terêncio *et al.*, 2018). Por outro lado, as alterações climáticas causam deslocamentos dos fogos para locais com maior altitude, aumentando o perigo dos ecossistemas florestais, que não estão adaptados aos fogos (Bergmeier *et al.*, 2021). Então, através dos fatores ambientais, que causam a ocorrência de fogo, sendo eles o teor de humidade, clima e ignição, e o conhecimento dos impactos, que os fogos podem causar às áreas protegidas e ao solo, permitirá compreender as áreas queimadas, identificar as anomalias associadas aos fogos e fornecer uma avaliação dos impactos (Rodrigues *et al.*, 2023).

Segundo o documento de Rodrigues *et al.* (2023), os fogos florestais estão aumentando, criando mais impactos ambientais e sociais, sendo uma fase crucial para a UE (União Europeia) desenvolver estratégias e legislações florestais, como o Acordo Verde. Também, Rodrigues *et al.* (2023) recomenda desenvolver um papel mais forte da prevenção de fogos florestais nessas mesmas políticas. A mitigação dos fogos, ao longo do tempo, vai tornar-se mais difícil, dado que a legislação está regular e limitar a gestão dela, especialmente nas áreas protegidas, devido às restrições de posse da terra (Lecina-Diaz *et al.*, 2023). De acordo com Lecina-Diaz *et al.* (2023), a gestão do fogo foi abordada integralmente através de tratamentos de combustível, onde os impactos socioeconómicos

do fogo são minimizados enquanto os seus benefícios ecológicos são maximizados, sendo uma alternativa à extinção dos fogos para equilibrar as vantagens e desvantagens dos mesmos para o bem-estar humano. Por exemplo, o fogo que ocorreu em 2017, em Ponte de Lima, na união de freguesias de Navió e Vitorino dos Piães, onde o total de áreas ardidas foram 21,1 ha, sendo que 20,9 ha das áreas ardidas não eram florestais (Nunes, 2019). Através do PMDFCI do município de Ponte de Lima, a operação foi realizada, tendo em conta a defesa da floresta contra fogos, envolvendo os seguintes meios: 3 técnicos, uma Operacional de Queima, 16 formados do curso de Operacional de Queima, um VFCI com 5 bombeiros e 3 VLCI com 15 sapadores florestais (Nunes, 2019).

As áreas de perigosidade de fogos, que são abrangidas pela UOPG 18 (Unidade Operativa de Planeamento e Gestão), no concelho são na maioria delas: “Muito Baixo”, “Baixo” e “Moderado”. No entanto, na área do Alto dos Carvalhidos e do Marco de Antelas, apresentam um risco Alto e Muito Alto, respetivamente (Dias *et al.*, 2018). A avaliação de vulnerabilidade e perigosidade dos fogos, sendo parte dos instrumentos legais e de planeamentos desde 1980, que foram assimilados no procedimento de avaliação de riscos com efeitos de zoneamento, tem como objetivo a prevenção e deteção de fogos florestais (Decreto-Lei n.º 327/80, 26 de Agosto) (Oliveira *et al.*, 2021). De acordo com o PMDFCI, as zonas que apresentam um risco “Alto” ou “Muito Alto” são proibidas as construções de edifícios, incluindo as industriais (Decreto-Lei n.º 124/2006, art.º 16, n.º 2, na sua redação atual) (Dias *et al.*, 2018). Por outro lado, o âmbito do PMDFCI refere que “*Na implantação de novas edificações, deve ser salvaguardada uma faixa de 50m, mas só em relação ao espaço florestal [...] e na interface urbano/florestal, não se aplicando esta regra no restante espaço rural*” (Dias *et al.*, 2018). Segundo Oliveira *et al.* (2021), o mapeamento dos perigos é uma das ferramentas importantes para o apoio às decisões de gestão dos fogos, seja individual ou integrados no procedimento de avaliação de riscos, sendo feito a partir de várias escalas temporais e espaciais, dependendo dos seus propósitos e aplicações. No entanto, a falta de atenção na vulnerabilidade social, que são as consequências previsíveis para a população de um fenómeno natural indesejado, para a gestão dos riscos, tornou-se num problema para as medidas prioritárias, como os instrumentos do Programa Nacional da Política do Ordenamento do Território (PNPOT) e do Programa Regional de Ordenamento do Território (PROT) (Farinha *et al.*, 2022).

O tipo de medidas de prevenção e mitigação dos fogos são definidas, segundo a sua classe de perigosidade ou de suscetibilidade numa determinada zona, tais como o

constrangimento na circulação de pessoas e veículos ou a criação obrigatória de perímetros de segurança á volta das aldeias através da gestão de combustíveis (Oliveira *et al.*, 2021). Segundo Gomes (2014), estas mesmas medidas, contribuíram para a elaboração do Projeto de Prevenção e Combate a Incêndios (PPCI) para proporcionar a segurança pública e do património. Uma das medidas de prevenção e mitigação de fogo são os pontos de água, porque “*no âmbito do Sistema de Defesa da Floresta Contra Incêndios*”, considera “*que a normalização das infraestruturas florestais de apoio à prevenção e combate aos fogos florestais*”, sendo esses “*equipamentos integrados em redes locais, municipais e distritais de defesa da floresta contra fogos [...] para a sua utilização eficiente e para a segurança dos agentes da defesa da floresta contra fogos*” (Despacho n.º 5711/2014, de 30 de abril).

Os pontos de água são abastecidos de água por sistemas de bombeamento para um caso de emergência, no entanto os sistemas de abastecimento podem ser interrompidos durante o fogo. Então, um sistema sustentável e autónomo seria uma solução redundante para essas situações. Neste sentido, foi desenvolvido um estudo sobre a aplicação das fontes renováveis nos sistemas de abastecimento dos pontos de água avaliando a sua redundância no combate contra fogos no concelho de Ponte de Lima.

1.2. Objetivos

Este trabalho tem como objetivo estudar a redundância do abastecimento dos pontos de água para o combate aos fogos rurais, a partir da aplicação das fontes de energia renováveis no concelho de Ponte de Lima. Os principais objetivos para este estudo são:

- I. Localizar os pontos de água, perto das áreas com maior risco de fogo, incluindo as suas características e descrições de cada tipo apresentados ao longo do concelho de Ponte de Lima;
- II. Comparar os sistemas tradicionais com os sistemas renováveis, através da avaliação de risco e da matriz de risco;
- III. Estudar a redundância do sistema de abastecimento sustentável nas reservas de água estrategicamente localizadas para o combate contra fogos;
- IV. Apresentar vantagens e desvantagens dos sistemas renováveis;

2. Metodologia

Os processos metodológicos para o desenvolvimento do estudo foram: i) análise bibliométrica; ii) obtenção de dados cartográficos; iii) criação e comparação dos mapas temáticos; iv) identificação e caracterização dos pontos de água; e v) avaliação de risco (Figura 2.1).

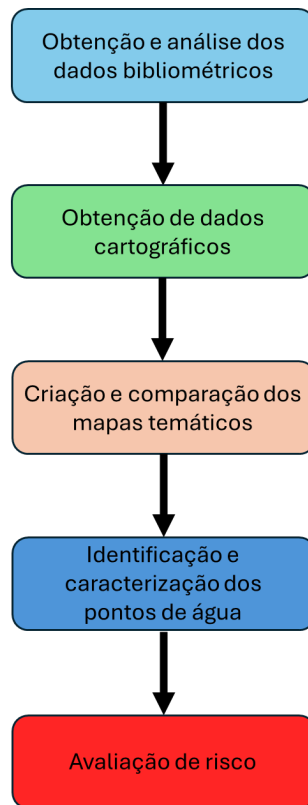


Figura 2.1. Processo metodológico.

2.1. Obtenção e análise dos dados bibliométricos

Os dados bibliométricos foram obtidos através do sistema Scopus, junto com limitações para a obtenção deles, tais como o intervalo de tempo, tipo de artigo e entre outras. Uma vez adquirido os dados, foram aplicados num sistema bibliométrico designado Biblioshiny, onde foram analisados os mesmos, conseguindo diversos resultados, como a produção de artigos, citação média anual e o mapa temático dos temas.

2.2. Recolha e identificação dos dados cartográficos

Os dados obtidos para a formação dos mapas temáticos seriam adquiridos no site do ICNF, no GeoCATALOGO, onde apresentam dados cartográficos de diversos temas, incluindo com os que estão relacionados com este estudo, enquanto alguns dados foram obtidos por outros sites. Na obtenção dos dados seriam selecionados de acordo com a relação do tema com o tema de estudo e transferidos num ficheiro shapefile (.shp) para a construção dos mapas.

2.3. Criação e comparação dos mapas temáticos

A criação dos mapas temáticos seriam feitos através dos dados obtidos da ICNF num programa cartográfico designado ArcGIS, que é uma ferramenta SIG, convertendo dados cartográficos em mapas, tais como: o clima, a hidrologia, a perigosidade e entre outras. Com a comparação dos mapas temáticos, que uma delas são referidas á sua localização dos pontos de água e á sua área de perigosidade de fogo do concelho de Ponte de Lima, seria apresentado a localização estratégica dos pontos de água junto com a sua proximidade das áreas de ocorrência de fogo.

2.4. Identificação e caracterização dos pontos de água

Após apresentar a localização dos pontos de água, será identificado e caracterizado os mesmos através dos dados da SGIF (Sistema de Gestão de Informação de Fogos Florestais), segundo as suas descrições, tais como a sua capacidade máxima de água, o seu volume e área, classificação das mesmas (sendo a sua ordem e tipo), a sua propriedade, tipo de captação, operacionalidade, o seu nome, local e entre outras.

2.5. Avaliação de risco dos sistemas tradicionais e dos sistemas renováveis

Será realizado uma matriz de risco com o objetivo de identificar os riscos com a hierarquização qualitativa do nível de risco através da tomada de decisão, onde apresenta

a probabilidade de um determinado risco e o nível de impacto causado pelo mesmo risco (Figura 2.2) (Pires, 2022).

Probabilidade	Alta	Média	Alta	Alta
	Média	Baixa	Média	Alta
	Baixa	Baixa	Baixa	Média
		Insignificante	Moderado	Catastrófico
		Impacto		

Figura 2.2. Matriz qualitativa de risco (Góis, 2020 citado por Pires, 2022).

De acordo com matriz de risco (Figura 2.2), as cores, sendo elas vermelho, laranja, amarelo, verde e azul, representam os graus de risco sendo elas “intolerável”, “substancial”, “moderado”, “aceitável” e “trivial”, respetivamente (Góis, 2020 citado por Pires, 2022).

Esta matriz vai ser aplicada numa situação onde os sistemas tradicionais são danificados durante o fogo. Depois, vai ser feita outra matriz de risco nos sistemas de abastecimento renováveis, e fazer a comparação delas para discutir acerca da substituição dos sistemas tradicionais com os renováveis.

2.6. Cronograma

Com a metodologia definida, foi feito um cronograma mostrando o progresso do trabalho (Figura 2.3).

Etapas	Progresso do trabalho												
	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.
Recolha e identificação dos dados cartográficos													
Criação e comparação dos mapas temáticos													
Identificação e caracterização dos pontos de água													
Avaliação da perigosidade dos sistemas tradicionais e dos sistemas renováveis													

Figura 2.3. Cronograma.

3. Resultados

3.1. Análise bibliométrica

Na análise bibliométrica, foi obtido documentos através do Scopus, com as seguintes limitações para o tema de estudo: i) as palavras-chave foram “fires”, “rural” e “forest”; ii) a área de estudo foi na Ciência do Ambiente; iii) os tipos de documentos eram artigos e revisões; iv) de língua inglesa e português; v) as palavras-chave nos documentos eram “Portugal”, “Fires”, “Forest Fire”, “Rural Area”, “Fire Management”, “Forest Fire” e “Rural Population”; vi) o país/território foi Portugal; Com a ajuda do *software* Biblioshiny, foram exportados cerca de 24 documentos, onde apresentam 14 fontes e 140 autores, entre 2015 até 2023.

Foi analisado a produção científica (Figura 3.1) dos documentos entre os anos 2015 até 2023.

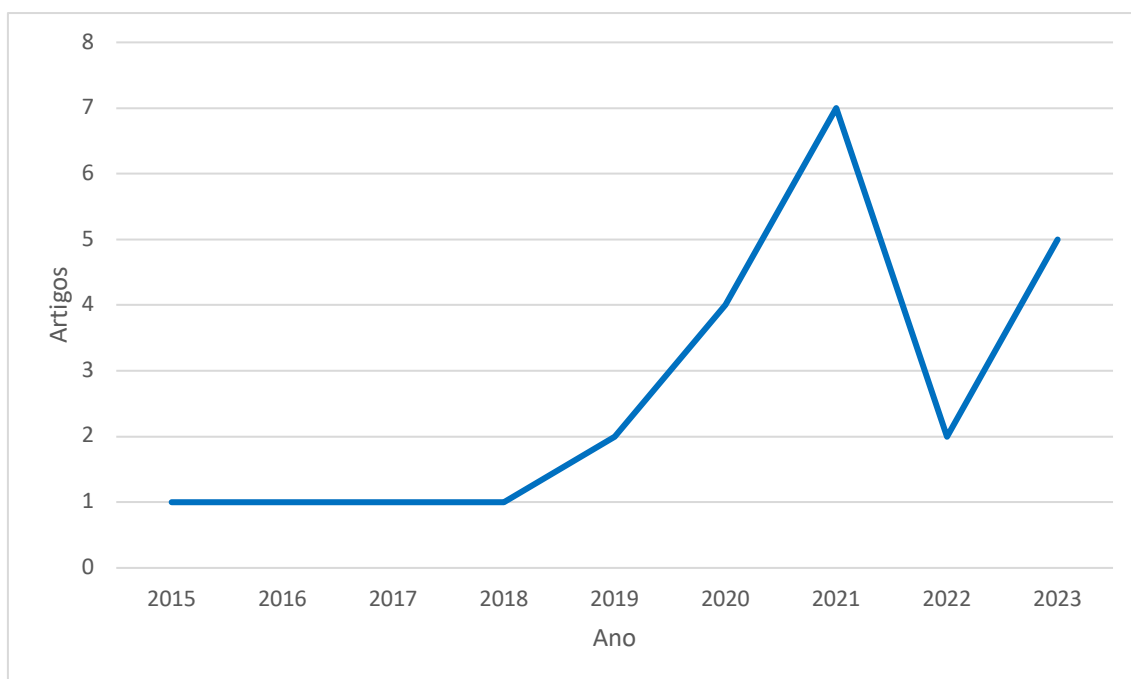


Figura 3.1. Produção científica anual (2015-2023).

A produção científica aumentou exponencialmente desde 2018 até 2021, no entanto diminuiu drasticamente em 2022 (produzindo 2 artigos), aumentando, logo, em 2023 (produzindo 5 artigos).

Foram analisadas as citações nesses documentos entre a sua citação anual (Figura 3.2) e por artigo (Figura 3.3), ao longo do tempo, desde 2015 até 2023.

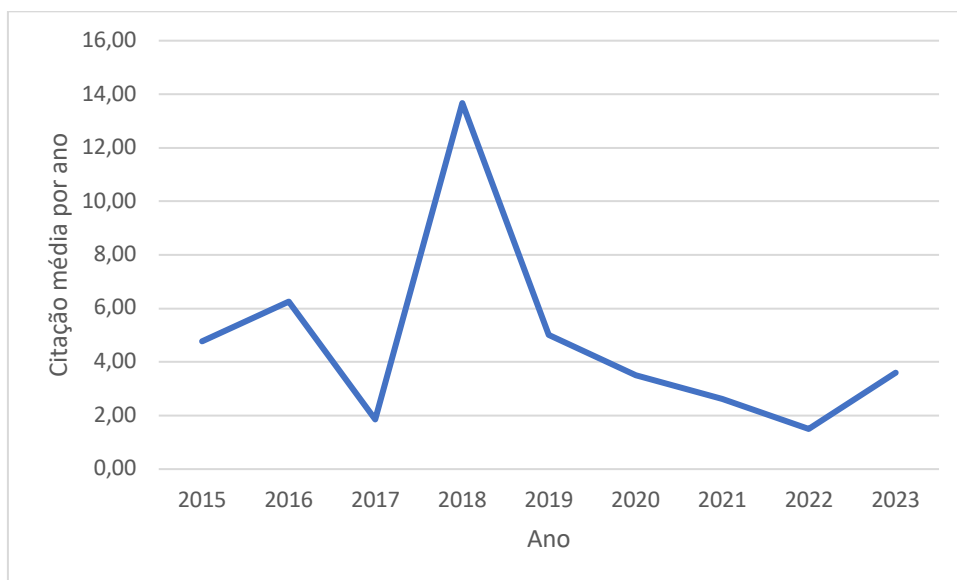


Figura 3.2. Citação média anual (2015-2023).

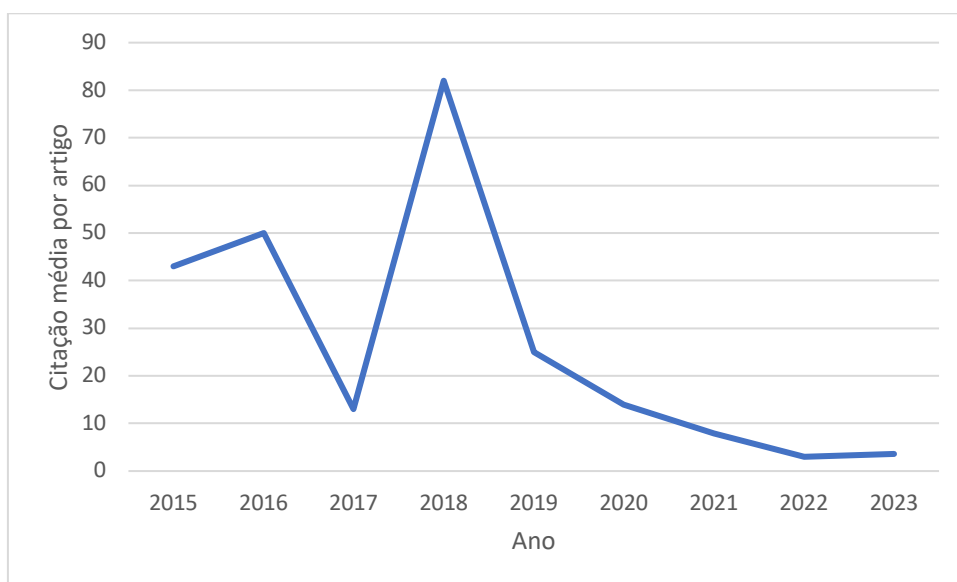


Figura 3.3. Citação média por artigo (2015-2023).

De acordo com as figuras 3.2 e 3.3, a sua evolução ao longo desse período (2015-2023) são semelhantes, tanto na citação média anual como por artigo, mas em 2023, apresenta uma diferença entre elas, dado que na citação média anual (Figura 3.2) aumentou,

enquanto a citação média por artigo (Figura 3.3) estabiliza-se até o fim do período de tempo, significativamente.

Foi analisado as fontes mais relevantes ao tema do trabalho, desde 2019 até 2023 (Figura 3.4). No entanto, a sua produção, na maioria das fontes, foram um artigo, criou-se uma tabela das cinco primeiras fontes, mais produzidas, desse período.

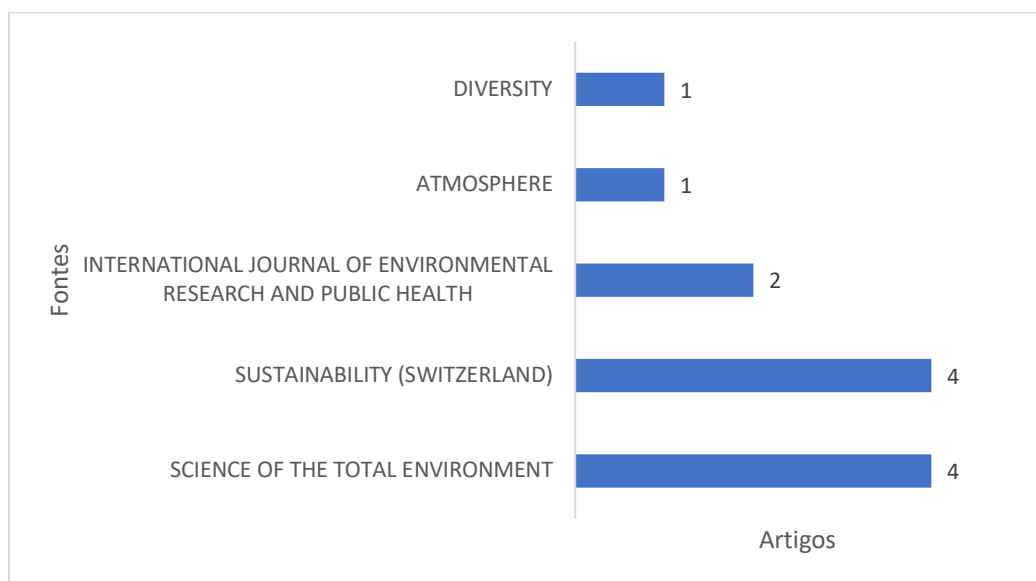


Figura 3.4. Fontes mais relevantes (2015-2023).

Na tabela (Figura 3.4), mostra que as fontes mais relevantes ao tema de estudo são Sustainability (Switzerland) (Sustentabilidade (Suíça)) e Science of the Total Environment (Ciência de Todo o Ambiente), pois estas produziram mais fontes (4 artigos), do que o International Journal of Environmental Research and Public Health (Revista Internacional de Pesquisa Ambiental e Saúde Pública) (2 artigos), Atmosphere (Atmosfera) (1 artigo), Diversity (Diversidade) (1 artigo) e a maioria das outras fontes relevantes.

Foi analisado os autores mais relevantes ao tema de estudo, segundo os dois artigos produzidos com a fracionalização deles (Figura 3.5), onde a publicação atribui a cada pesquisador um peso fracionário de um terço ($1/3$) (Rodriguez-Perianes *et al.*, 2016). De acordo com o exemplo de Rodriguez-Perianes *et al.* (2016), um pesquisador X, que foi coautor de uma publicação com cinco pesquisadores, foi atribuído um peso de um quinto ($1/5$) de cada um dos cinco links de coautoria. Assim, o peso total dos links de coautoria

que um pesquisador obtém por ser coautor de uma publicação é igual a um, sendo o peso total de um distribuído igualmente sobre os links de coautoria individuais (Rodriguez-Perianes *et al.*, 2016).

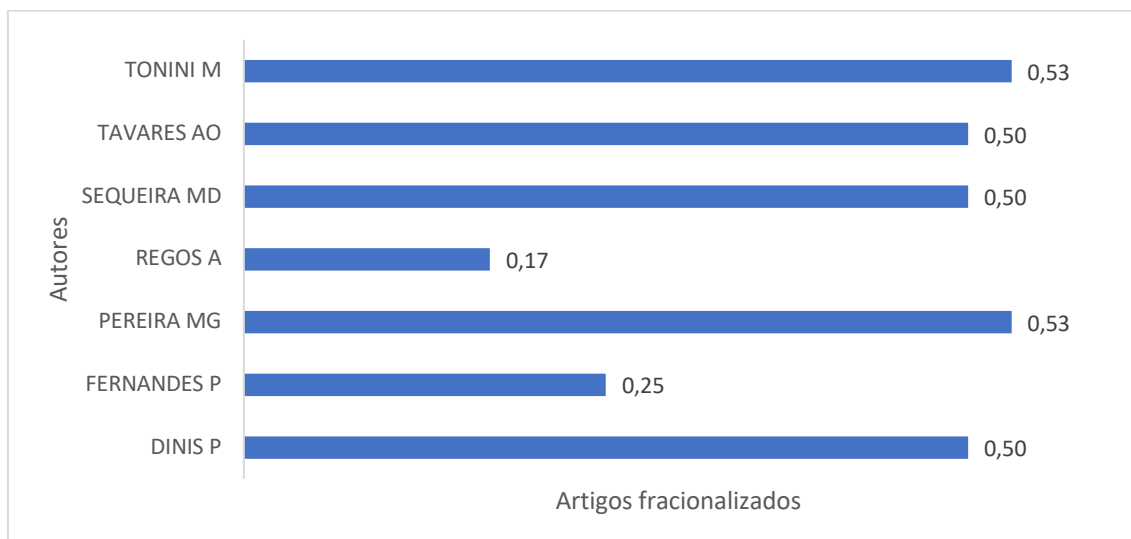


Figura 3.5. Autores mais relevantes com a fracionalização de dois artigos.

De acordo com a tabela (Figura 3.5), os autores Pereira MG e Tonini M, apresentam semelhantes fracionalizações nos seus artigos, contribuindo-os para 53% da publicação de artigos. Enquanto, os autores Regos A e Fernandes P, apresentam uma baixa fracionalização dos seus artigos em 17% e em 25%, respetivamente.

Foi analisado as afiliações mais relevantes ao tema de estudo, segundo a sua produção de artigos em cada instituição/universidade (Figura 3.6).

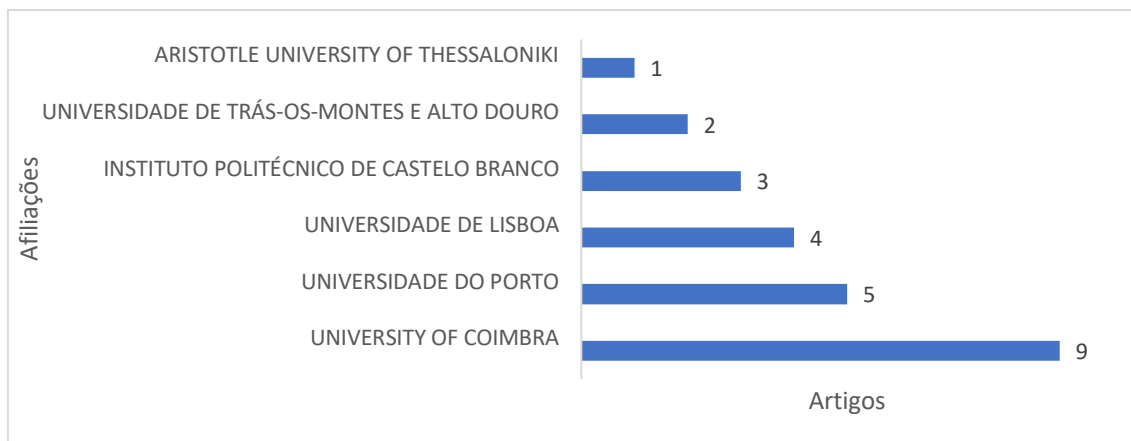


Figura 3.6. Afiliações mais relevantes.

A Universidade de Coimbra apresenta maior afiliação, que produziram 9 artigos, do que a Universidade do Porto (5 artigos), Universidade de Lisboa (4 artigos), Instituto Politécnico de Castelo Branco (3 artigos), Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (2 artigos) e a Aristotle University of Thessaloniki (1 artigo), ou seja, a Universidade de Coimbra teve maior produção de artigos com pessoas, que formavam parte da instituição.

Foi analisado a evolução da produção de várias fontes, que têm relevância ao tema do trabalho, desde 2015 até 2022 (Figura 3.7).

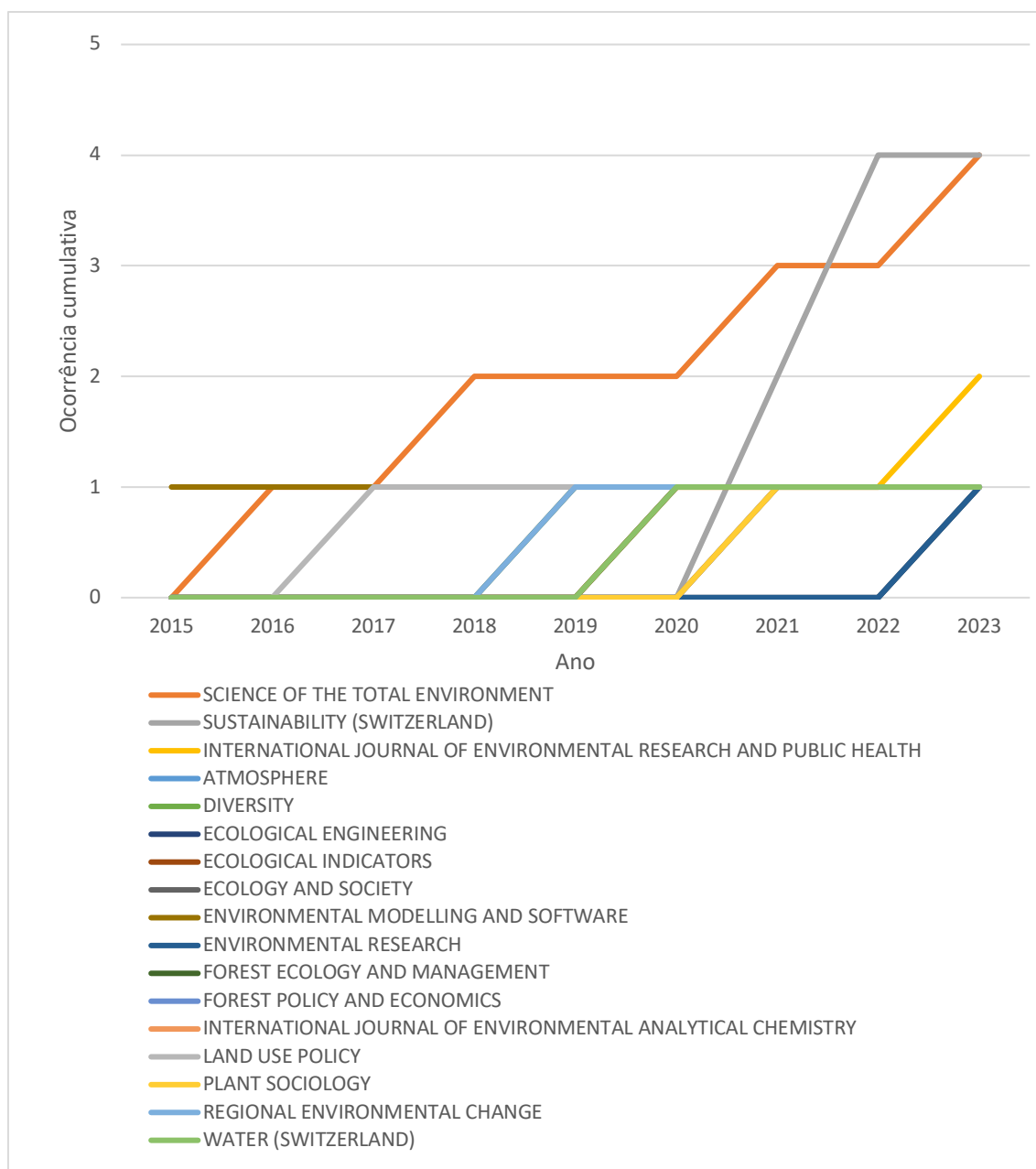


Figura 3.7. Evolução da produção das fontes (2015-2023).

De acordo com o gráfico (Figura 3.7), as fontes relevantes com maior produção atual (2023) são Science of the Total Environment e Sustainability (Switzerland) com cerca de 4 documentos. A produção dos documentos no Science of the Total Environment, começou desde 2015 até 2016 com um, o seu desenvolvimento aumentou até 2023 com 4 documentos, enquanto a Sustainability (Switzerland) iniciou em 2021, que aumentou rapidamente num curto período de tempo entre 2020 até 2022, que permaneceu com a produção de 4 documentos desde 2022 até 2023. Porém, as outras fontes relevantes

apresentam baixa produção de documentos, como o International Journal of Environmental Research and Public Health, que tem 2 documentos e outras fontes, que apresentam um documento, atualmente.

Foi analisado os documentos, que apresentavam maior citação de forma global, segundo a sua citação total (Figura 3.8) e a sua citação por ano (Figura 3.9).

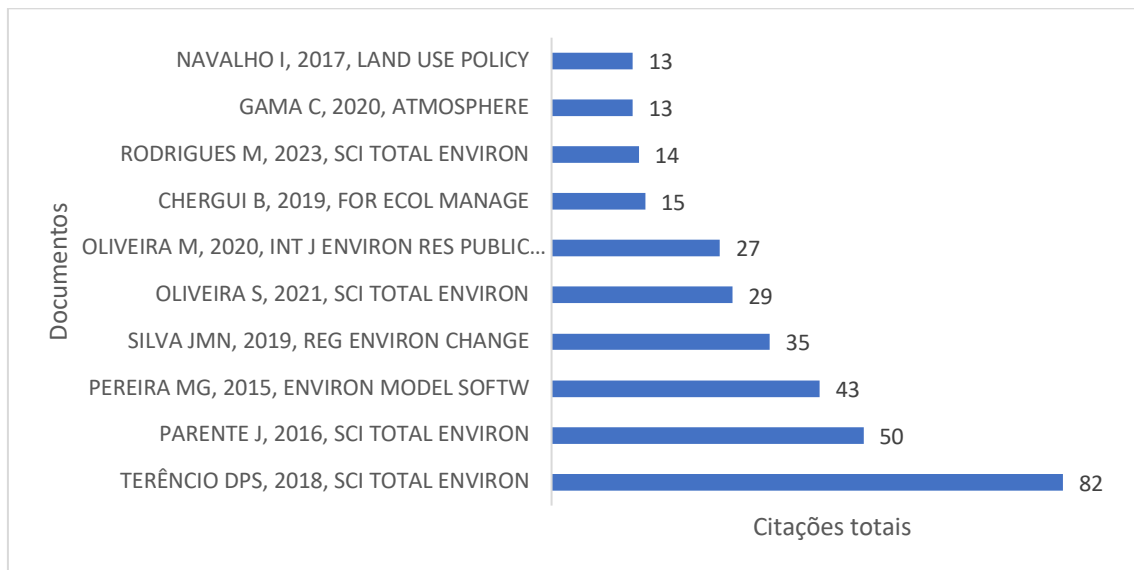


Figura 3.8. Documentos mais citados na totalidade.

O documento mais citado na totalidade é do autor Terêncio DPS (2018) do Science of the Total Environment, com 82 citações em total.

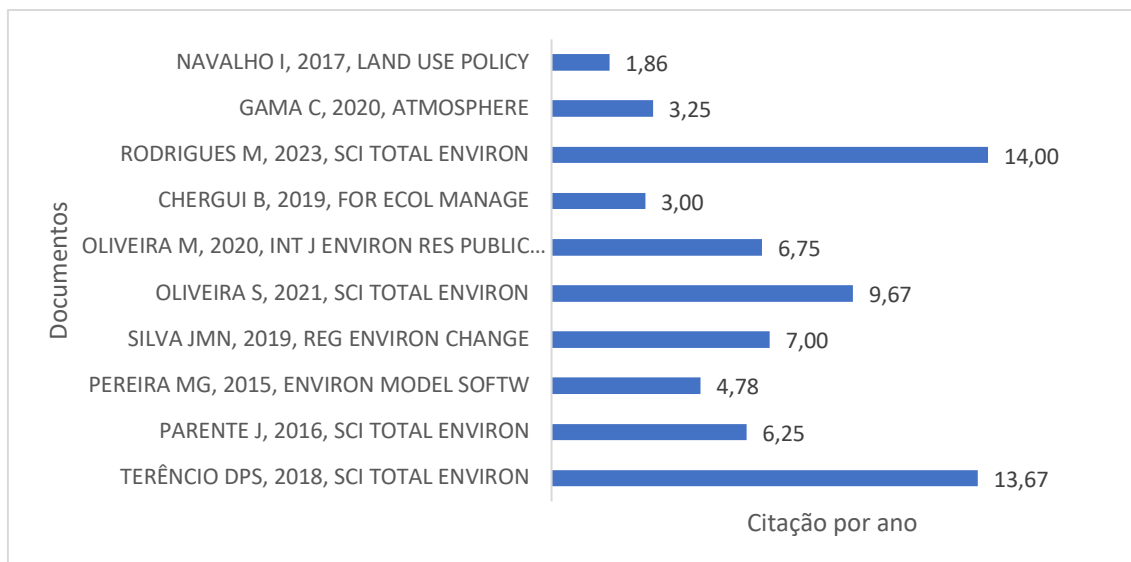


Figura 3.9. Documentos mais citados por ano.

O documento de Rodrigues M (2023), do Science of the Total Environment, apresenta cerca de 14 citações por ano, ou seja, tem mais citações do que Terêncio DPS (2018), do Science of the Total Environment.

De acordo com os gráficos (Figuras 3.8 e 3.9), mostra que o documento mais citado globalmente é o de Rodrigues M (2023), pois apresenta mais citações por ano, além do Terêncio DPS (2018). Porém, Terêncio DPS (2018) apresenta mais citações na totalidade do que Rodrigues M (2023).

Foi feito um mapa temático (Figura 3.10) para analisar a produção dos artigos em diferentes campos de estudo, apresentando-se como um esquema gráfico de quatro quadrantes, onde em cada um deles mostra um tema, que são motoras, básicas, isoladas e emergentes, determinando-os segundo o seu grau de desenvolvimento e o de relevância.

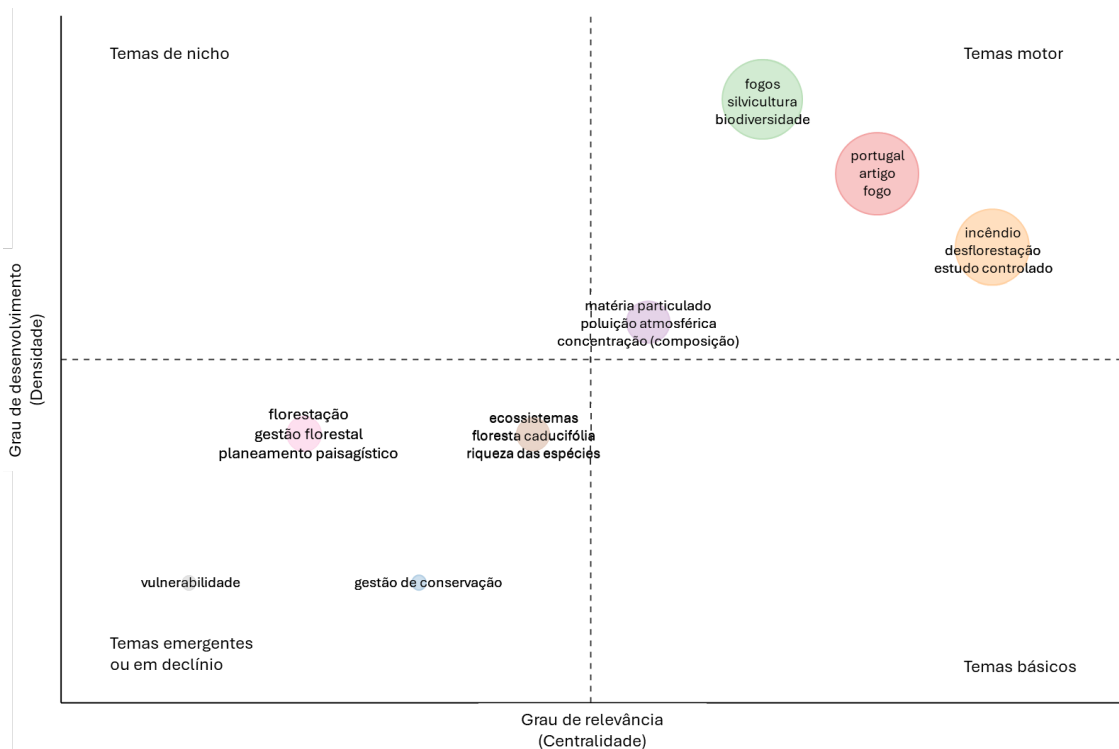


Figura 3.10. Mapa temático dos campos de estudo.

De acordo com o mapa temático (Figura 3.10), os temas, que aparecem no eixo direito superior, correspondentes aos temas motores são: “fogos”, “silvicultura”, “biodiversidade”, “Portugal”, “artigo”, “fogo”, “fogos”, “desflorestação” e “estudo controlado”. Neste quadrante, os temas principais “fogos”, “fogos” e “fogo”, mostram maior importância e relevância para este estudo, no entanto os outros temas do mesmo quadrante apresentam alguma relação com os temas principais.

Enquanto, no eixo esquerdo inferior, mostra os temas emergentes, sendo elas: “florestação”, “gestão florestal”, “planeamento paisagístico”, “ecossistemas”, “floresta caducifólia”, “riqueza de espécies”, “gestão de conservação” e “vulnerabilidade”. Como esses temas são emergentes, os mesmos não apresentam grande relevância com este estudo.

Segundo a figura 3.10, este estudo apresenta temas de fogo, que são de maior relevância, e sistemas de abastecimento, que podem ser menos relevantes. Determinou-se, assim, como um tema básico, pois além de estar relacionado ao campo de estudo sobre os fogos (maior grau de relevância) também apresenta desenvolvimento parcial no seu tema.

3.2. Localização

O concelho de Ponte de Lima (Figura 3.11.), localiza-se no Norte de Portugal, sendo um dos concelhos do distrito de Viana de Castelo, onde residem mais de 41 mil habitantes nos 320,25 km² de área, que apresenta 39 freguesias (Portal Autárquico, 2023) (Figura 3.12).

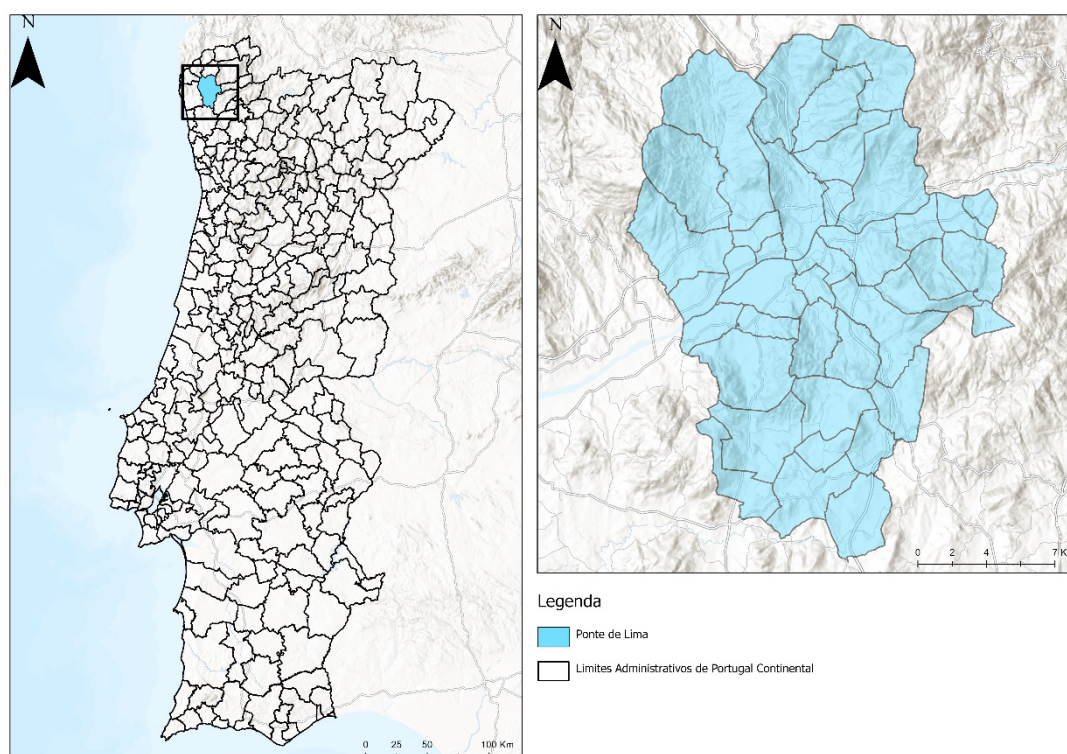


Figura 3.11. Mapa de Portugal (esquerda) e de Ponte de Lima (direita).



Figura 3.12. Imagem de satélite de Ponte de Lima.

3.3. Dados demográficos e socioeconómicos

De acordo com os dados do PORDATA, a população residente de Ponte de Lima são cerca de 41 mil indivíduos, onde há 19393 homens e 21771 mulheres, de acordo com o Censo 2021. Segundo com os dados da INE (NUTS – 2013), a maioria da população residente do concelho são entre os 45 até 59 anos de idades (Figura 3.13).

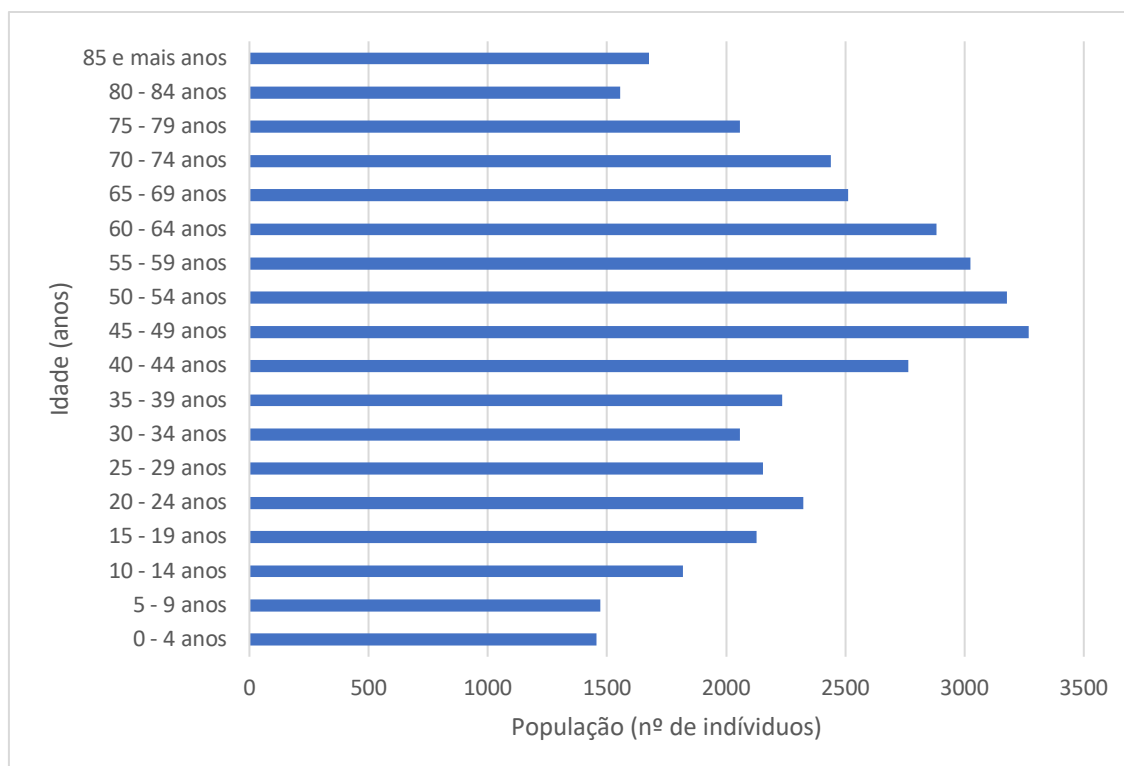


Figura 3.13. Tabela demográfica (população residente em Ponte de Lima) (NUTS-2013) (Adaptado de INE, 2023).

A taxa de desemprego do concelho diminuiu até 5,2%, no entanto a sua empregabilidade aumentou até 48,4%, onde a maioria deles têm entre os 15 e 24 anos (11,3%) e entre os 35 e 44 anos de idade (84%), respetivamente (PORDATA). Nesses empregos, os habitantes de Ponte de Lima apresentam maior interesse no setor terciário (cerca de 9550 indivíduos), deixando, em segundo, o setor secundário (cerca de 7421 indivíduos) e no final o setor primário (cerca de 573 indivíduos).

3.4. Caracterização biogeofísica

3.4.1. Biodiversidade e Áreas Protegidas

Em Ponte de Lima existem cerca de 347 ha de áreas protegidas e 2198 ha das superfícies protegidas pela UE (Rede Natura 2000) (PORDATA). A área protegida do concelho não só é protegida pelo seu valor ambiental também pela sua paisagem natural. Protegendo as Lagoas de Bertandos e S. Pedro d'Arcos, num grande projeto, que foi reconhecido nacional e internacionalmente, onde o seu objetivo seria de conservar a natureza e desenvolver uma construção social rural e territorial com a ajuda de diversos agentes coletivos (Câmara Municipal de Ponte de Lima, 2020). A maioria do espaço florestal, existem nas áreas dos baldios no Regime Florestal, em três Perímetros Florestais sob Gestão da Autoridade Florestal Nacional, dado que os baldios ocupam cerca de 6550 ha da superfície florestal (cerca de 36% da área total da superfície florestal) (Município de Ponte de Lima, 2023). As suas áreas florestais ocupam cerca de 18142 ha (representando 57% da área total do concelho) (Município de Ponte de Lima, 2023), no entanto essas áreas diminuíram devido aos fogos, criando ações para mitigar o fogo e reflorestar/replantar as áreas ardidas, causando diminuição dessas mesmas não só em florestas (70 ha), também em áreas de matos (107 ha) e em áreas/campos agrícolas (1 ha), reduzindo-os até 178 ha das áreas ardidas em total (PORDATA, 2023). Nas florestas e na área protegida de Ponte de Lima, apresentam uma diversa flora sendo elas: carvalhos (*Quercus*), salgueiros (*Salix*), amieiros (*Alnus glutinosa*), aveleiras (*Corylus avellana*), carvalho-alvarinho (*Quercus robur*), azevinho (*Ilex aquifolium*), sobreiro (*Quercus suber*), madressilva (*Lonicera japonica*) e entre outras (Blogger, 2009); e vários seres vivos na fauna, incluindo no Rio Lima, onde na atualidade existem 9 espécies de peixes (por exemplo: Enguia (*Anguilla anguilla*)), 13 espécies de anfíbios (por exemplo: Rela (*Hyla arborea*)), 11 espécies de répteis (por exemplo: Lagarto-de-água (*Lacerta schreiberi*)), 41 espécies de mamíferos (por exemplo: Lontra (*Lutra lutra*)) e 144 espécies de aves (por exemplo: Alvéola-branca (*Motacilla alba*)) (Câmara Municipal de Ponte de Lima, 2020).

3.4.2. Distribuição geográfica: florestas, matos e solos agrícolas

Foi feito um mapa, com uma distribuição geográfica de florestas, matos e solos agrícolas no concelho de Ponte de Lima (Figura 3.14). Nesse mesmo mapa, apresentam as

subclasses de solos, sendo elas: áreas agrícolas, onde apresentam culturas anuais de outono/inverno e de primavera/verão e outras áreas agrícolas; matos; vegetação herbácea espontânea; superfícies sem vegetação; e nas florestas, mostram diferentes espécies e classes de florestas, tais como as folhosas, como os eucaliptos (*Eucalyptus*), e outras resinosas, como o pinheiro-bravo (*Pinus pinaster*) e o pinheiro-manso (*Pinus pinea*).

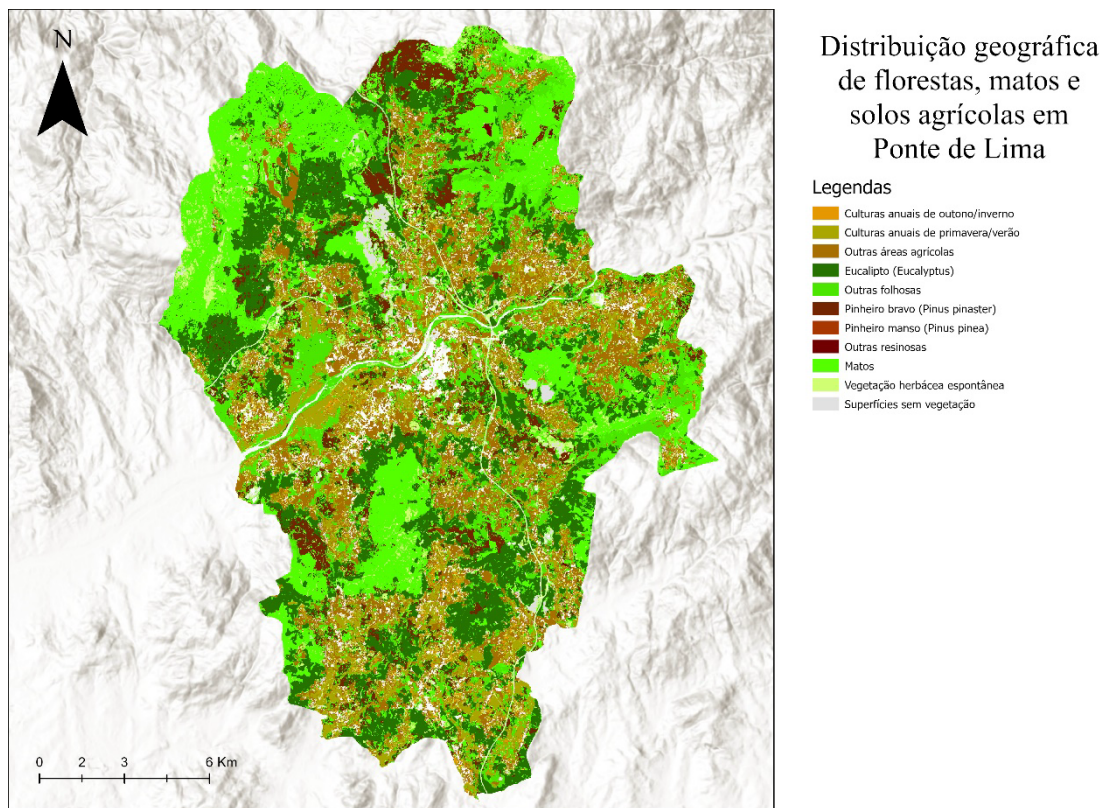


Figura 3.14. Distribuição geográfica de florestas, matos e solos agrícolas em Ponte de Lima (adaptado de COS 2018, disponível em <https://snig.dgterritorio.gov.pt/>).

Segundo o mapa (Figura 3.14), indica que no concelho de Ponte de Lima, apresenta: 82 ha (820511 m²) de solos agrícolas, onde 5 ha (51823 m²) são de culturas anuais de outono/inverno, 22 ha (220195 m²) de culturas anuais de primavera/verão e 55 ha (548493 m²) de outras áreas agrícolas, aproximadamente; 77 ha (774812 m²) de matos; 20 ha (198362 m²) de vegetação herbácea espontânea, aproximadamente; 20 ha (198362 m²) de superfícies sem vegetação, aproximadamente; e 121 ha (1214050 m²) de área florestal, incluindo outras espécies folhosas e resinosas.

Por outro lado, foi feito um mapa apresentando as Zonas de Intervenção Florestal em Ponte de Lima (Figura 3.15), onde têm como objetivo permitir um acordo territorial à intervenção nos espaços florestais, infraestruturar o território, unificar a gestão dos espaços florestais e realizar orientações dos Programas Regionais de Ordenamento Florestal (PROF), dos Planos Municipais de Defesa da Floresta Contra Fogos (PMDFCI) e dos Planos Diretores Municipais (PDM) (ICNF, 2024a).

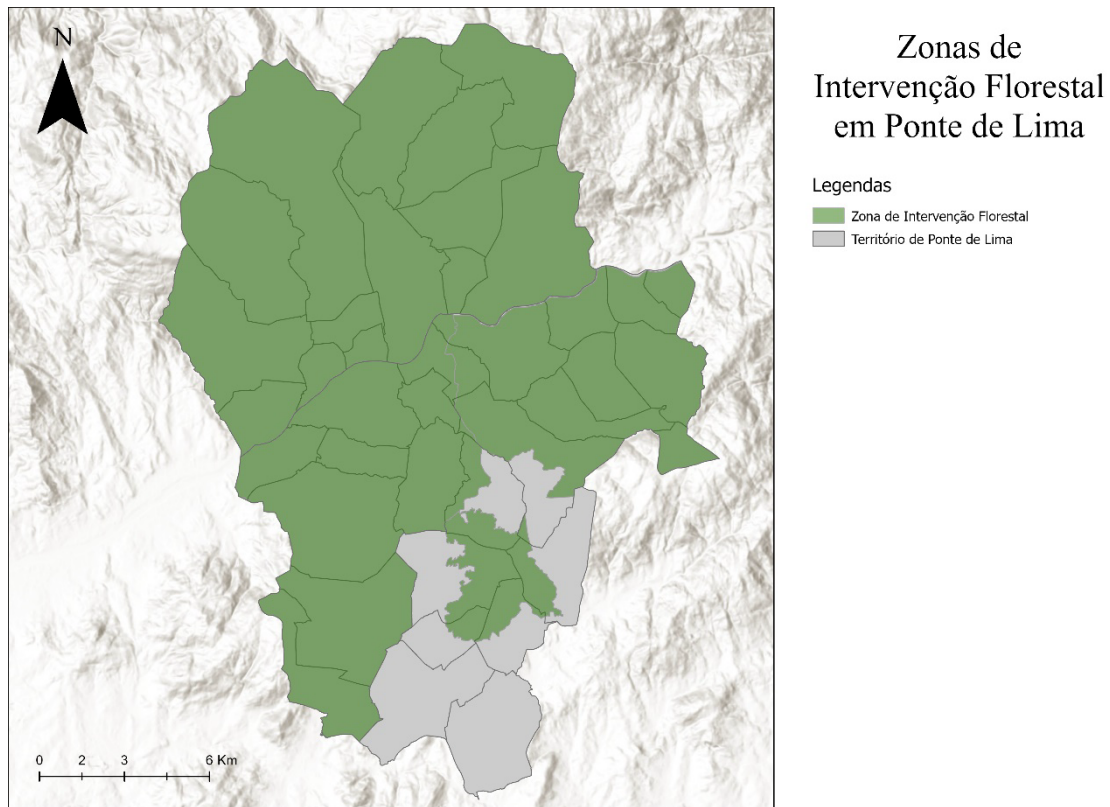


Figura 3.15. Zonas de Intervenção Florestal em Ponte de Lima (adaptado do Programa Regional de Ordenamento Florestal (PROF), do Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Fogos (PMDFCI) e do Plano Diretor Municipal de Ponte de Lima (PDM)).

3.4.3. Geologia

Em Ponte de Lima, apresenta componentes rochosos litológicos, como o xisto e o granito (Blogger, 2009). Por outro lado, através de revisões cartográficas, mostrou um intervalo litoestratigráfico, englobando desde o período Ordovícico até o período Devónico, na era Paleozóica (Gomes *et al*, 2008a). Na figura 3.16, de acordo com Gomes *et al* (2008a), os depósitos de terraços fluviais e fluviolacustres, onde alguns elevaram e apresentam recentes aluviões, que se encontram perto do curso do rio Lima. Como Ponte de Lima é um vale grande e aberto, tendo uma longa planície de aluvião, onde estão ligadas à

agricultura entre o concelho e Viana do Castelo, chamadas de veigas (Sousa e Rodrigues, 2023). Por outro lado, segundo a investigação de Gomes *et al* (2008a), o concelho apresenta não só rochas eruptivas também rochas com formações metamórficas e sedimentares.

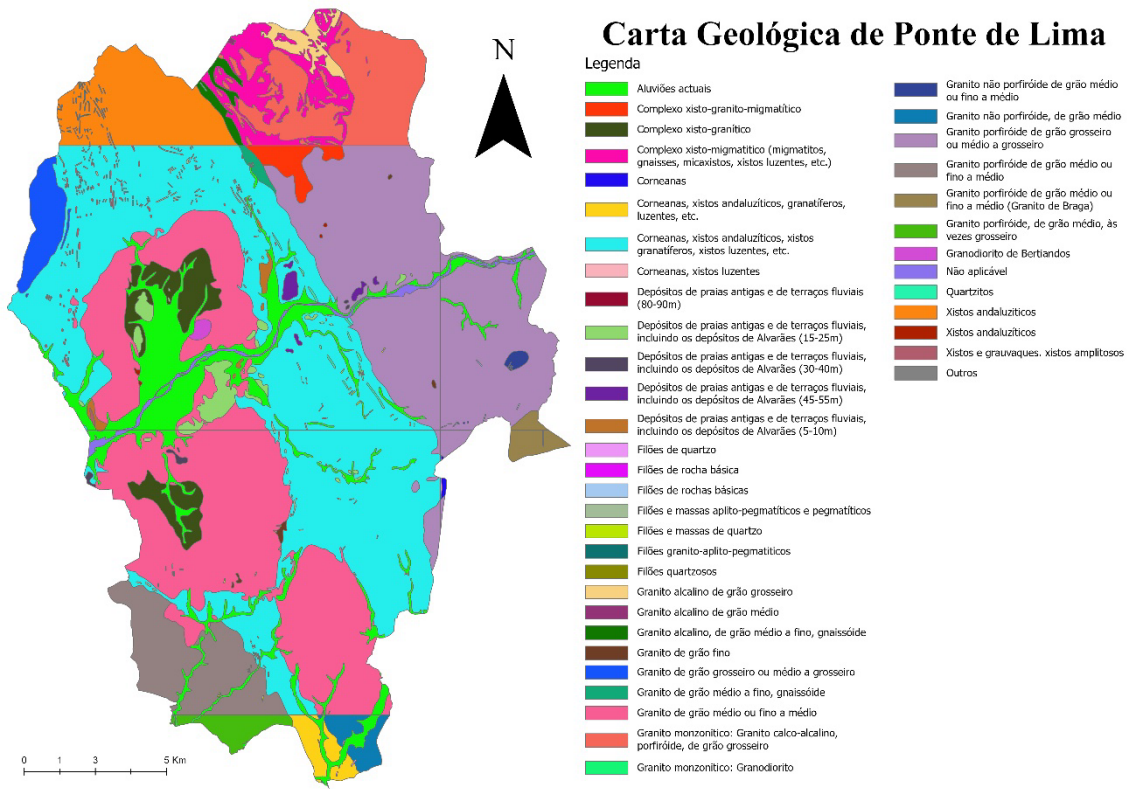


Figura 3.16. Carta Geológica de Ponte de Lima (Gomes et al., 2008a).

Por exemplo, na Serra de Arga existem rochas intrusivas no maciço de granito de duas micas (com a idade de entre 315 até 305 MA (milhões de anos)) (Tabela 3.1), situado num afloramento elíptica, isto é, no noroeste e sudeste. A sua litologia de granito localizado nessa área apresenta maior interesse na exploração mineira devido da sua composição geoquímica em lítio (Li) (Gomes *et al*, 2008a), sendo útil para a produção de baterias e pilhas.

Tabela 3.1. Tipologia e idade dos granitoides (Gomes et al., 2008a).

Tipo petrográfico (exemplo)	Grupo de idades
Granitos de duas micas, gnaisses e migmatitos (Maciço de Santo Ovídio)	± 330 MA
Granitos de duas micas (Maciço da Serra de Arga)	315 – 305 MA

Por outro lado, o concelho de Ponte de Lima apresenta uma erosão diferencial em Antelas e Santo Ovídio, sendo granito de duas micas de lâmina arqueada, que originou um afloramento que foi desde Santo Ovídio até ao Pico de Estorãos, criando o anel de Bertiaundos, onde o granito rodeia numa pequena área em forma de domo esventrado (Gomes *et al*, 2008b).

3.4.4. Rede Hidrográfica

A bacia hidrográfica do rio Lima, que nasce na serra de S. Mamede, em Espanha, desagua em Viana do Castelo percorrendo 67 km em Portugal (Universidade do Minho, 2008). Os afluentes apresentados na rede hidrográfica (Figura 3.17), são os rios Vez, Labruja e Estorãos, na margem direita; e os rios Vade e Trovela, na margem esquerda.

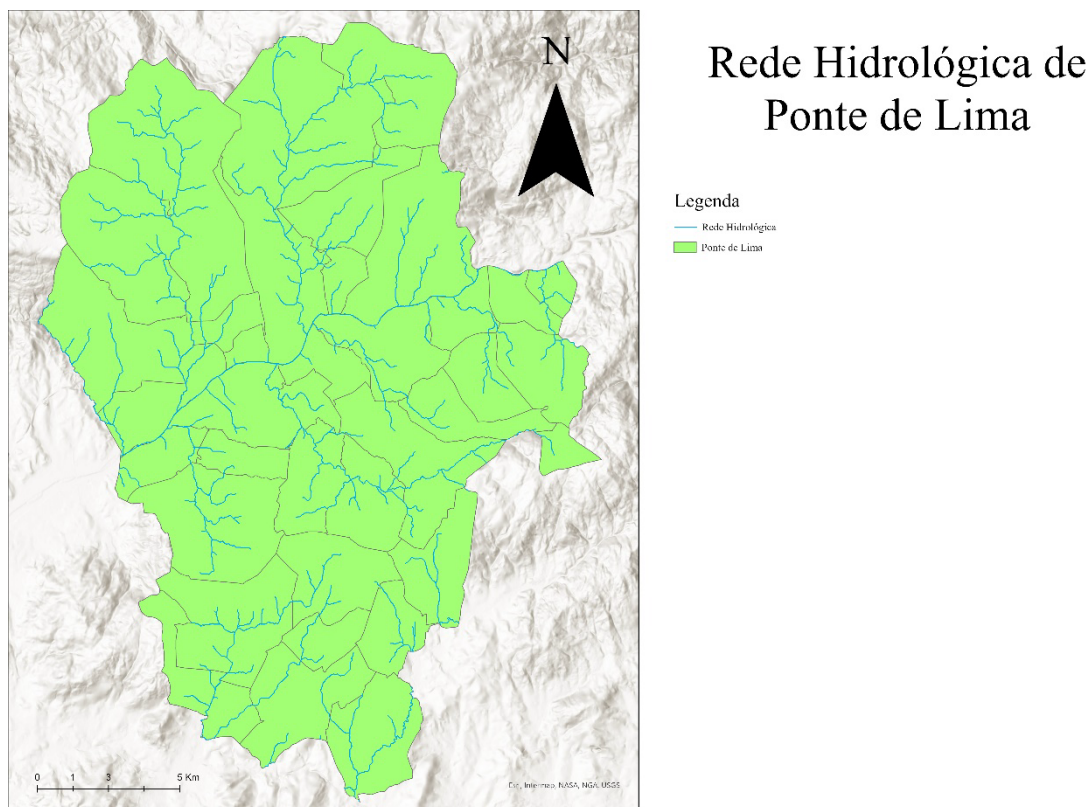


Figura 3.17. Rede Hidrológica de Ponte de Lima (adaptado de Plano de Gestão de Região Hidrográfica, disponível em https://apambiente.pt/sites/default/files/_Agua/DRH/ParticipacaoPublica/PGRH/2016-2021/3_Fase/PGRH_2_RH1_Parte2.pdf).

O percurso do rio começa a desenvolver na Área Protegida das Lagoas de Bertandos e S. Pedro d'Arcos, mostrando os seus valores naturais e o rio Estorãos. De acordo com o Instituto da Água, este sistema fluvial nasce na serra do Formigoso (numa altitude de 325m), sendo a principal linha de água, que drena aproximadamente 5000 ha de área. O seu caudal varia sazonalmente, estendendo-se em cerca de 14km, onde os 3,5km percorrem a Área Protegida (Visite Ponte de Lima, 2023).

3.4.5. Hidrogeologia

Foi feito um mapa hidrogeológico de Ponte de Lima (Figura 3.18), onde foram obtidos dados cartográficos do LNEG (Laboratório Nacional de Energia e Geologia), do site GEOPORTAL.

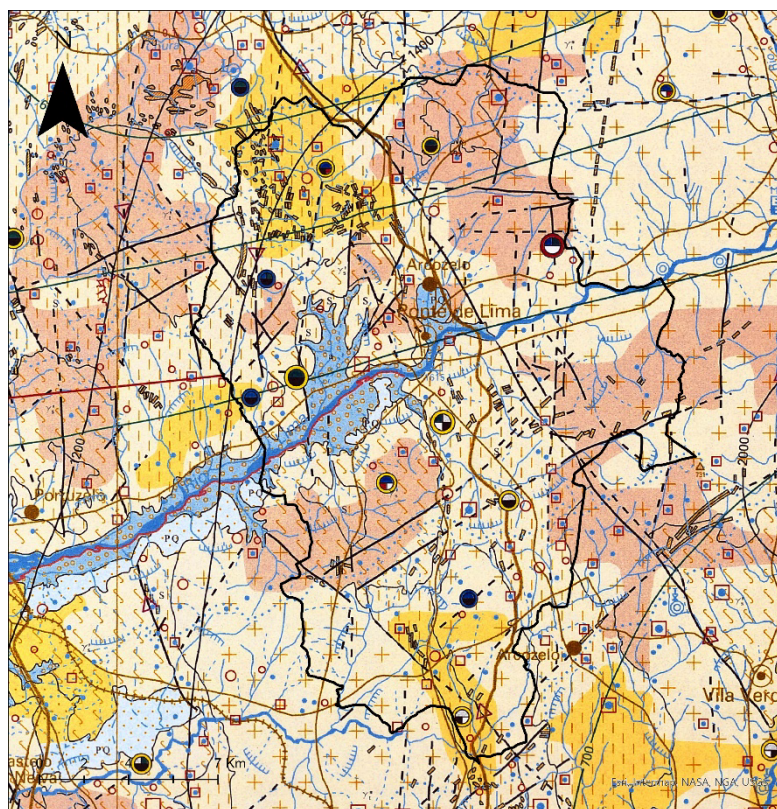


Figura 3.18. Carta Hidrogeológica de Ponte de Lima (adaptado de Plano de Gestão de Região Hidrográfica, disponível em https://apambiente.pt/sites/default/files/_Agua/DRH/ParticipacaoPublica/PGRH/2016-2021/3_Fase/PGRH_2_RH1_Parte2.pdf).

Ponte de Lima

INDICAÇÕES RELATIVAS À ÁGUA SUBTERRÂNEA

- Falha funcionando como conduta de água subterrânea
- Falha transversal ao fluxo subterrâneo
- Falha funcionando como barreira à água subterrânea
- Falha com carácter hidrológico desconhecido ou pouco significativo
- Nascente
- Zona de nascentes
- Nascente de água "mineral natural"
- Origem de "Água de Nascente" - exploração

INDICAÇÕES RELATIVAS À ÁGUA SUPERFICIAL

- Curso de água permanente
- Curso de água sazonal
- Curso de água temporário
- Albufeira
- Linha de separação de bacias hidrográficas
- Estação hidrométrica (caudal médio anual de escoamento em l/s)
- Penetração marinha do curso de água

OBRAS DE CAPTAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

- Captação de água subterrânea
- Grupo de captações de água subterrânea
- Sondagem não aproveitada
- Captação de água subterrânea para abastecimento público
- Grupo de captações de água subterrânea para abastecimento público
- Captação de nascente
- Grupo de captações de nascente
- Captação de água "mineral natural"
- Captação de "Água de Nascente" - exploração
- Barragem de retenção ou de derivação (capacidade de armazenamento em l/s)
- Canal de irrigação

HIDROQUÍMICA

RESÍDUO SECO

- Igual ou inferior a 50 mg/l
- Compreendido entre 50 mg/l e 200 mg/l
- Igual ou superior a 200 mg/l

DUREZA

(Teor em cálcio e magnésio)

- Igual ou inferior a 1° francês
- Compreendido entre 1° e 10° franceses
- Igual ou superior a 10° franceses

FÁCIES HIDROQUÍMICA

- Com aniólio dominante
- Sem aniólio dominante
- Com catiões dominante
- Sem catiões dominante

ÁGUAS "MINERAIS NATURAIS" / "ÁGUAS DE NASCENTE"

- Em exploração / Em estudo
- Com tradição popular

OUTRAS INDICAÇÕES

- Auto-estrada
- Estrada
- Caminho de ferro
- Batimetria em m
- Vértice geodésico
- Localidade com população > 200000 hab.
- Localidade com população > 100000 hab.
- Localidade com população > 10000 hab.
- Localidade com população > 3000 hab.

INDICAÇÕES RELATIVAS À CLIMATOLOGIA

- Precipitação em mm (média anual)
- Evapotranspiração real em mm (média anual)
- Estação hidrometeorológica (precipitação em mm)

INDICAÇÕES GEOLÓGICAS E ESTRUTURAIS

- Limite geológico
- Falha
- Falha interpretada
- Falha oculta
- Cavalgamento e / ou carreamento
- Aluvião
- Duna
- Quaternário
- Plio - Quaternário
- Carbonífero
- Devónico
- Silúrico
- Cámbrico
- Granito de duas micas sin a tardi - tectónico (relativamente a F3)
- Granito de duas micas sin - tectónico (relativamente a F3)
- Granitoide biotítico tardi a pós - orogénico
- Granitoide biotítico sin - orogénico
- Gnaiss ante - hercínico

CLASSIFICAÇÃO HIDROGEOLÓGICA

ROCHAS POROSAS POUCO OU NÃO CONSOLIDADAS

- Aluviões
- Dunas, areias de duna e de praia
- Terraços fluviais, restos de depósitos indiferenciados
- Depósitos fluviais e lacustres

ROCHAS FISSURADAS

METASSEDIMENTOS

- Argilitos, arcossos, arenitos, conglomerados e siltitos
- Xistos argilosos, arenitos e quartzitos. Atenção de pelitos e psamitos
- Xistos, quartzitos, pelitos, psamitos, xistos carbonosos e siltitos
- Conglomerados, xistos listados, micaístos, gnaísses e migmatitos (Complexo xisto-gravítico)

ROCHAS GRANÍTICAS

GRANITOS DE DUAS MICAS

- Sin a tardi - tectónicos relativamente a F3
- Sin - tectónicos relativamente a F3

GRANITOIDES BIOTÍTICOS

- Tardi a pós - orogénicos
- Sin - orogénicos

- Gnaísses ante - hercínicos e granitos hercínicos anteriores a F3

FILÕES E MASSAS

- Rochas básicas, quartzito, pegmatito e aplito - pegmatito, pórfiro microdiorítico quartzífero

Figura 3.19. Legendas da Carta Hidrogeológica de Ponte de Lima (Figura 3.18).

De acordo com a Figura 3.18, segundo a sua classificação hidrogeológica: as rochas porosas pouco ou não consolidadas no rio Lima são aluviões; os fissuramentos das rochas apresentam metassedimentos, sendo elas xistos, quartzitos, pelitos, psamitos, xistos carbonosos e siltitos; e, as rochas graníticas apresentadas são de granitos de duas micas e granitoides biotíticos.

Tendo em vistas essas características hidrogeológicas, permitiu a caracterização dos pontos de água, segundo os aquíferos, que são compostos de rochas sedimentares e permeáveis (Santos, 2015), do local.

3.4.6. Clima

Em Ponte de Lima, é cálido e seco no verão, pois a temperatura máxima chega acima dos 23°C, também o mês mais quente do ano é agosto, com a máxima de 26°C e mínima de 16°C, em média (Weather Spark, 2023) (Figura 3.20).

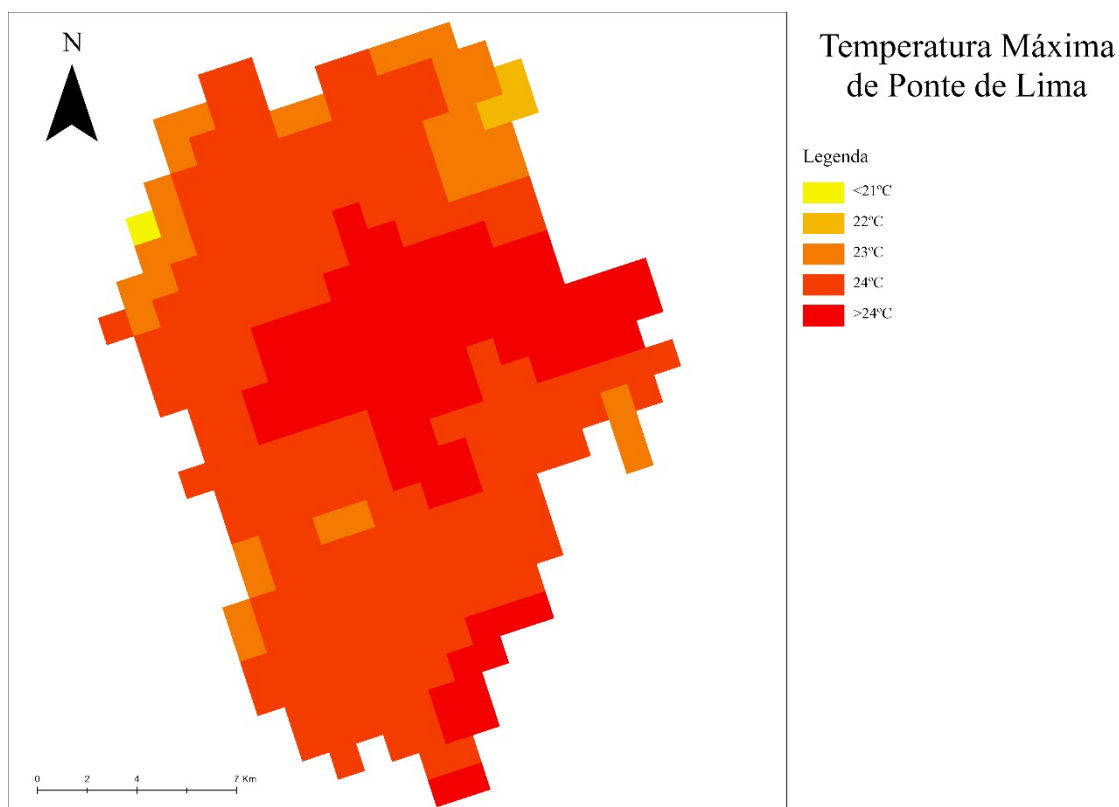


Figura 3.20. Temperatura Máxima de Ponte de Lima (adaptado do PNIAC Alto Minho, disponível em https://www.desafio2030.altominho.pt/fotos/editor2/altominho2030/gca/piaac_documento_trabalho_workshofinal.pdf).

Por outro lado, apresenta menor percentagem de céu encoberto, onde em junho (época menos encoberta), que dura 3 meses, o céu está sem nuvens ou parcialmente encoberto 82% do tempo. De acordo com os dados da INE (2023), os números de dias secos foram menores em 2022 (257 dias), do que em 2017 (282 dias), no entanto não apresentou significantes dias em onda de calor e/ou em maior onda de calor.

No entanto, no inverno, sendo fresco e com uma maior precipitação, alcançando temperaturas (máximas) a baixo dos 15°C, também o mais frio do ano é janeiro, atingindo os 7°C (mínimos) até os 13°C (máximos) (Weather Spark, 2023) (Figura 3.21).

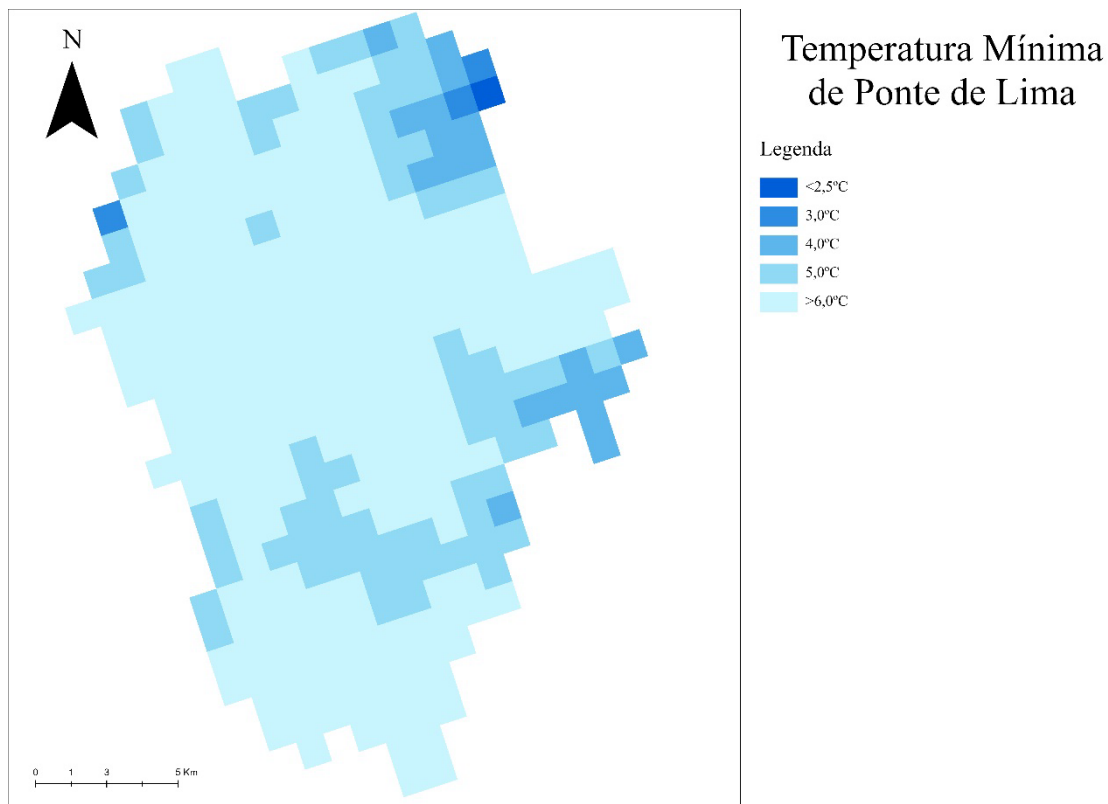


Figura 3.21. Temperatura Mínima de Ponte de Lima (adaptado do PNIAC Alto Minho, disponível em https://www.desafio2030.altominho.pt/fotos/editor2/altominho2030/gca/piaac_documento_trabalho_workshofinal.pdf).

Também mostra maior percentagem de céu encoberto em setembro (época mais encoberto), que dura quase 9 meses (8,7 meses), onde em dezembro, em média, o céu fica encoberto ou quase encoberto 58% do tempo. Segundo os dados da INE (2023), o número de dias com chuva foi a terceira menor em 2022 (108 dias), dado que em 2017 os números

de dias de chuva alcançavam até os 83 dias, mas não mostrou significantes dias em ondas de frio e/ou em maioríssimas ondas de frio.

Comparando os dados da INE (2023) com a Weather Spark (2023), o mês com maior e menor precipitação em 2022 foi em outubro (29 de outubro – 389,5mm) e em julho (24 de julho – 0,1mm), respetivamente. A precipitação anual total aumentou desde 2021 (1286,5 ± 82,0%) até 2022 (1577,3 ± 100,5%), que diariamente são 59,6mm, se alcançar máxima precipitação (INE, 2023) (Tabela 3.2) (Figura 3.22).

Tabela 3.2. Precipitação de Ponte de Lima (Adaptado por INE).

Precipitação (mm)				
Ano	Total	Máx./dia	Mês com maior precipitação	Mês com menor precipitação
2022	1577,3 ± 100,5%	59,6	389,5	0,1
2021	1286,5 ± 82,0%	58,5	262,3	6,6
2020	1367,1	61,5	277,1	2,1
2019	1855,1	65,1	413,4	14,7
2018	1866,8	64,4	421,1	4,3

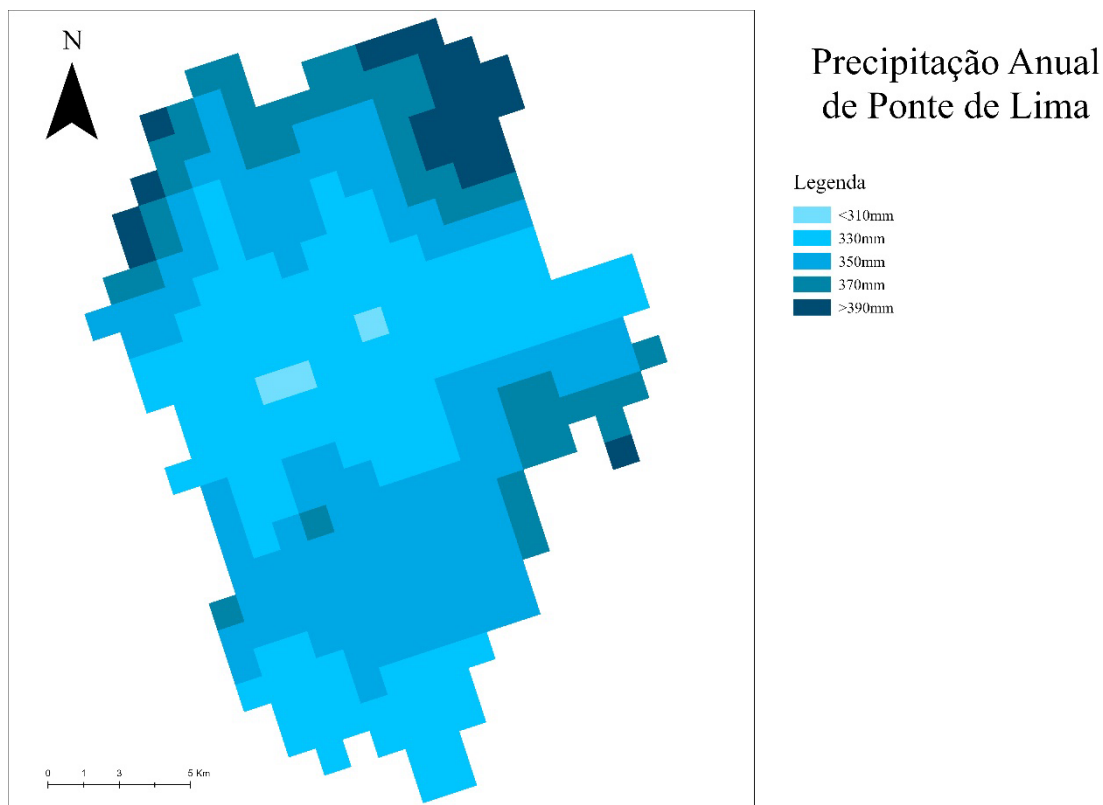


Figura 3.22. Precipitação Anual de Ponte de Lima (adaptado do PNIAC Alto Minho, disponível em https://www.desafio2030.altominho.pt/fotos/editor2/altominho2030/gca/piaac_documento_trabalho_workshofinal.pdf).

A humidade não varia, significativamente, ao longo do ano, permanecendo entre 2%, onde, em 2023, o nível de conforto é abafado ($18^{\circ}\text{C} - 21^{\circ}\text{C}$) no mês de agosto (5% de humidade), sendo o mês mais quente do ano; e agradável ($13^{\circ}\text{C} - 16^{\circ}\text{C}$) durante o inverno, onde em março, apresenta 0% de humidade (Weather Spark, 2023).

A velocidade do vento, varia constantemente, devido a vários fatores: estação do ano, pressão atmosférica, temperatura do ar, topografia e entre outras. De acordo com os dados de Weather Spark (2023), a época de mais ventos no ano (6 meses – entre outubro e maio), a velocidade do vento pode ir acima dos 10,0 km/h, enquanto em dezembro, os ventos são mais fortes atingindo os 11,2 km/h; e a época mais calma do ano (5,6 meses – entre maio e outubro) em setembro, alcança uma velocidade de 8,7 km/h. A pressão atmosférica varia continuamente ao longo do ano, devido à temperatura do ar e das altitudes. Através dos dados de Weather Spark (2023), foi feita uma tabela da pressão atmosférica de Ponte de Lima, em 2022, segundo a sua pressão atmosférica máxima e mínima anual (Tabela 3.3).

Tabela 3.3. Pressão atmosférica de Ponte de Lima (Adaptado por Weather Spark).

	Ano	Mês	dia	Tempo	Hora	Pressão (mb)	Pressão média anual (mb)
Pressão Máx.	2022	janeiro	17	dia	11:00	1034	1033
		dezembro	27	dia	11:00	1031	
Pressão Mín.		abril	22	dia	17:00	994	995
		dezembro	14	noite	21:00	996	

3.4.7. Áreas ardidas

De acordo com os dados do PORDATA (2023), criou-se uma tabela para apresentar a área queimada (em hectares) em Ponte de Lima, separando-os da área total, com as florestais, matos e agrícolas, ao longo do tempo (Tabela 3.4).

Tabela 3.4. Áreas ardidas (em hectares) ao longo do tempo.

Anos\Tipos de áreas ardidas (ha)	Florestais	Matos	Agrícolas	Total	Ref.
1981	173	465	X	637	PORDATA, 2023
2001	357	475	3	835	PORDATA, 2023
2009	198	500	2	700	PORDATA, 2023
2010	1699	1086	6	2791	PORDATA, 2023
2011	228	367	2	597	PORDATA, 2023
2012	126	223	3	352	PORDATA, 2023
2013	470	1112	0	1582	PORDATA, 2023
2014	70	8	0	78	PORDATA, 2023
2015	1309	528	0	1837	PORDATA, 2023
2016	508	624	1	1132	PORDATA, 2023
2017	85	57	4	146	PORDATA, 2023
2018	85	170	0	255	PORDATA, 2023
2019	46	32	0	78	PORDATA, 2023
2020	316	469	8	794	PORDATA, 2023
2021	30	106	0	136	PORDATA, 2023
2022	70	107	1	178	PORDATA, 2023
2023	49	164	1	214	ICNF, 2023

Segundo o 8º relatório provisório de fogos rurais da ICNF (2023) em 2023, foram ocorridos 95 fogos rurais, que queimaram, em total, cerca de 214 ha de área vegetal, incluindo 49 ha de floresta, 164 ha de matos e 1 ha de área agrícola. De acordo com o Tabela 3.4, mostra, que em 2010, a área ardida máxima atingiu os 2791 ha e a área ardida mínima diminui até os 78 ha em ambos anos, sendo elas 2014 e 2019. Por outro lado, o tipo de área ardida mais afetado são os matos, pois apresentam maior densidade vegetal do que as áreas agrícolas e florestais.

Através dos dados do GeoCATALOGO, do ICNF, foi feito um mapa com as áreas ardidas do concelho de Ponte de Lima em 2023 (Figura 3.23).

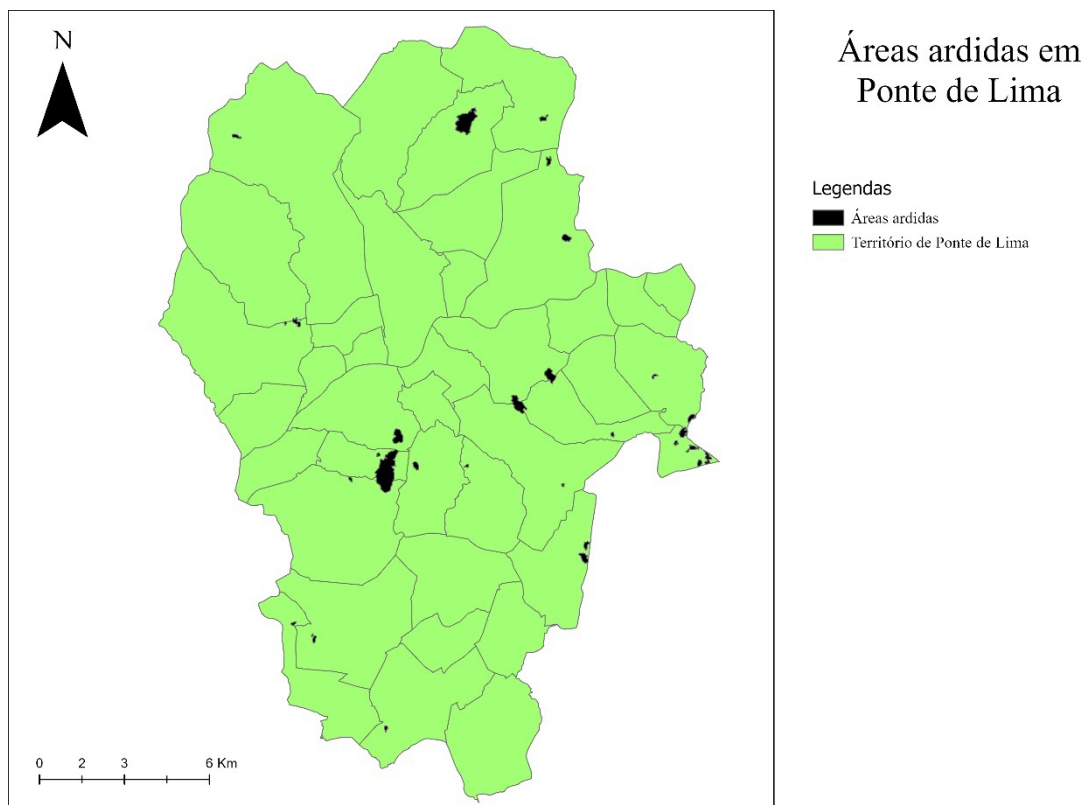


Figura 3.23. Áreas ardidas em Ponte de Lima (2023) (adaptado de <https://dados.gov.pt/pt/datasets/areas-ardidas/>).

Através do mapa (Figura 3.23), as maiores áreas ardidas encontradas em Ponte de Lima, estão localizados em Seara (Labregueira), Bárrio e Cepões (Pingalada) e Serdedelo (Moinho Velho), onde cada uma apresenta a descrição e o tipo da causa dessas áreas, sendo elas: duas de incendiarismo (imputáveis) intencional e uma causada por negligência das queimadas sobranes florestais ou agrícolas, respetivamente. Por outro lado, a área ardida (em metros quadrados (m^2)) de cada tipo (florestal, mato e agrícola), onde: em Seara foi ardido $11,1 m^2$ de área florestal, $58,3 m^2$ de mato e $0,05 m^2$ de solo agrícola; em Bárrio e Cepões apresenta $1,8 m^2$ de área florestal e $37,8 m^2$ de mato ardida; e em Serdedelo apresentou $14,3 m^2$ de floresta, $2,8 m^2$ de mato e $0,07 m^2$ de solo agrícola ardida.

3.4.8. Locais críticos de fogo

Os locais críticos de fogos são designados como locais com um nível alto de perigosidade de fogo. A perigosidade é definida como uma probabilidade de um acontecimento de uma

ação, que possa provocar danos, com uma determinada severidade numa determinada área e período de tempo (Esteves, 2021 citado por Nery *et al.*, 2009). Segundo Verde (2008), a avaliação da perigosidade cria um mapa semelhante ao mapa de suscetibilidade, com a diferença de que tem um cenário, que pode determinar as probabilidades de cada unidade de terreno, ou seja, a partir do mapa de suscetibilidade determinou-se a probabilidade de perigosidade de cada pixel, individualmente.

Através dos dados do GeoCATALOGO, do ICNF, foi feito um mapa dos locais, que apresentam maior nível de perigosidade (Figura 3.24).

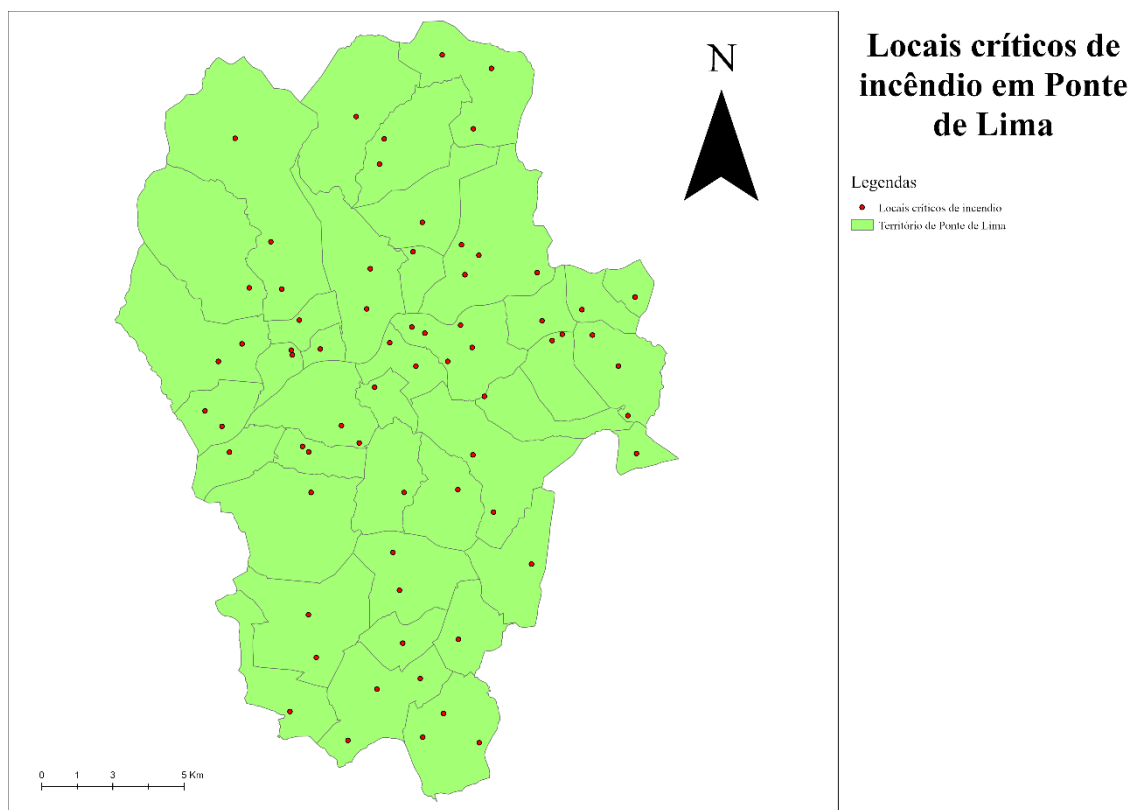


Figura 3.24. Locais críticos de fogo (GeoCATALOGO).

Os dados obtidos pelos locais, permitiram ver a percentagem do número de fogos rurais verificados no ano corrente face ao número de ocorrências verificadas nos anos anteriores (desde 2001 e para o mesmo período do ano) e a causa mais recorrente que provoca mais fogos no ano corrente (ICNF, 2024b). A figura 3.24, expõe mais locais críticos de fogo ao longo do Centro de Ponte de Lima, onde apresenta duas freguesias com cinco e quatro desses mesmos, sendo elas: Ribeira (Centro) e Refóios de Lima (Nordeste do Centro),

respetivamente. Os locais de fogo apresentados em Ribeira têm entre 26,09% e 17,39% de fogos comprovados no ano recorrente, sendo elas causadas por incendiarismo (imputáveis); enquanto, em Refóios de Lima entre os 30,43% e 26,09% dos mesmos no ano comum, tendo sido causados por incendiarismo (imputáveis).

3.4.9. Pontos de água

Os pontos de água são conhecidos como lagos naturais ou artificiais, com o objetivo de combater o fogo, isto é, como os pontos de água devem ser densas nos espaços de maior valor ou apresentarem maior perigo de fogo, são construídos perto de florestas e/ou locais com maior perigosidade de fogo (ICNF, 2017). Os locais designados ao longo do concelho, permitem os helicópteros, camiões e outros veículos contrafogos, terem acesso para o combate contra os fogos. Estes pontos são classificados, de acordo com a sua funcionalidade e operacionalidade: pontos de água aéreos, terrestres e mistos, que permitem abastecê-los tanto em meios aéreos como em meios terrestres (ICNF, 2017). Também, são categorizados, sendo elas: 1ª ordem, que cumprem os abastecimentos específicos dos meios aéreos e terrestres; e a 2ª ordem, que não cumprem as suas especificações mencionadas, mas apresentam relevância local, de acordo com o âmbito da DFCI (Defesa da Floresta Contra Fogos) (ICNF, 2017). Segundo a ICNF (2017), os pontos de água de 1ª ordem: para abastecimentos de meios aéreos, sejam distribuídas de forma que a superfície dos espaços florestais seja coberta por áreas de influência desses pontos, sendo definidos por um raio de 2,5 Km; para abastecimentos de meios terrestres, devem ter um armazenamento mínimo de 120m³ de água por cada 1000 hectares de espaços florestais; e para garantir a sua acessibilidade, os pontos de água de 1ª ordem misto devem ter acesso através da rede viária florestal fundamental e não vedar o seu acesso, durante ações de proteção civil, sejam de 1ª ou 2ª ordens, públicos ou privados. Geralmente, a construção desses pontos são feitos a base de betão, onde os reservatórios devem “*ser resistente, estanque e com fundo inclinado, no mínimo, a 1% na direção da descarga*” e “*ser alimentado a partir da rede pública*”, também devem ser equipados com acessórios, tais como “*escada vertical de acesso com proteção*”, “*tubagem de aspiração com dispositivo inibidor de vórtice*”, “*tubo de descarga de emergência metálico, com secção dupla da secção da tubagem de adução*”, “*tubo de drenagem com válvula de seccionamento*” e entre outras (Despacho n.º 8902/2020, de 17 de setembro). Através dos

dados do GeoCATALOGO, do ICNE, foi feito um mapa dos pontos de água existentes para o combate contra fogos (Figura 3.25).

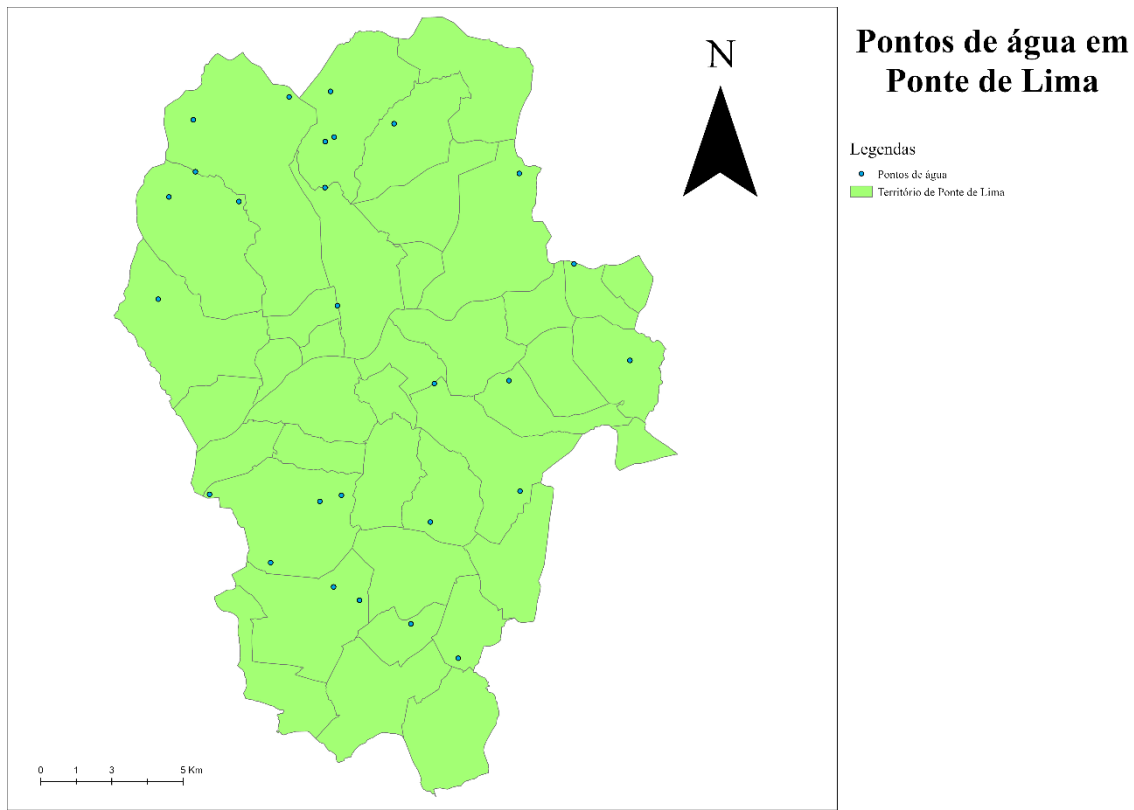


Figura 3.25. Pontos de água (GeoCATALOGO).

Os tipos de reabastecimento para ter água dos pontos de água pronta no caso de fogo podem ser por gravidade ou por bombagem. A captação por gravidade considera-se como um método tradicional utilizado até os dias de hoje, onde a água escoar através do desnível geométrico topográfico, tendo vantagens como: uma boa estratégia para a minimização dos custos energéticos, baixos impactos ambientais e redução aos custos de sistemas de bombeamento (Alves *et al.*, 2021). A captação por bombeamento é um sistema que permite transportar a água através da energia mecânica, sendo essa energia potencial gravitacional (por exemplo: bomba de água de roda) ou elétrica, que são dependentes à rede elétrica, no entanto este sistema pode sofrer desgastes às partes móveis, criando folgas, que aceleram a degradação, e o custo energético (Bem *et al.*, 2016). Em situações, onde um dos pontos de água pode ficar com pouca água ou vazia, são reabastecidas, enquanto os bombeiros vão obter água por um ponto de água próximo ou de uma rede hidrológica próxima, então, foi feito um Tabela com a distância de proximidade dos

pontos de água entre os outros pontos e da rede hidrológica, incluindo a localização desses pontos (Tabela 3.5).

Tabela 3.5. Localização e distância de proximidade dos pontos de água com outros pontos e redes hidrológicas.

Pontos de água	Localização	Distância do ponto de água mais próximo (m)	Ponto de água mais próximo	Distância da rede hidrológica mais próxima (m)
Casa do Guarda da Facha	Facha (Arribão)	793,05	Casa Florestal facha	336,98
Cova do Boi	Cabração e Moreira do Lima (Estradão do Rali)	1470,69	EM522	486,79
Bouça	Rebordões (Souto) (Bouça)	3255,94	Casa Florestal facha	646,28
Casa Florestal facha	Facha (Ribeira de Pensal)	793,05	Casa do Guarda da Facha	1004,20
Tanque de Bustos	Facha (Monte da Nó)	2364,20	Casa do Guarda da Nó	258,48
Tanque de Santa Justa	São Pedro d'Arcos (Santa Justa)	3639,25	Sr. Lázaro (Cerquido)	896,52
Monte da Madalena	Fornelos e Queijada (Monte da Madalena)	2611,09	Serdedelo	706,88
EM522	Labruja (Cabana)	1467,19	Cova do Boi	199,67
Santo Ovideo	Sá (Santo Ovideo)	4213,93	Tanque do Fojo	842,08
Casa do Guarda da Nó	Navió e Vitorino dos Piães (Carvalhas)	1019,48	Piães	619,04
Muros Brancos	Labruja (Muros Brancos)	368,93	Casa Florestal do Gigante	626,37
Casa Florestal do Gigante	Labruja (Gigante)	368,93	Muros Brancos	585,81
Hipódromo de Calvelo	Calvelo (Hipódromo de Calvelo)	2052,36	Friastelas	268,48
Sr. Lázaro (Cerquido)	Estorãos (Cerquido)	1287,91	Poça das Mãos	78,54
Açude do Lourinhal	Estorãos (Lourinhal)	1877,14	Poça das Mãos	54,88

Carregadouro	Gandra (Carrapata)	3661,13	ILapa	51,47
Pedreiras	Fornelos e Queijada (Oliveira)	3353,50	Bouça	619,47
Pedreiras Monte Adriano	Facha (Pica)	3193,62	Tanque de Bustos	513,42
Friastelas	Friastelas (Fila Franca)	1981,22	Piães	990,72
Poça das Mãos	Cabração e Moreira do Lima (Lagos)	1271,74	Sr. Lázaro (Cerquido)	155,50
Tanque do Fojo	Labruja (Ribeiro do Caldeirão)	1577,22	Casa Florestal do Gigante	28,52
Serdedelo	Serdedelo (Senhora da Abadia)	2638,35	Monte da Madalena	658,46
Sra. das Dores	Bárrio e Cepões (EN306)	2154,59	Muros Brancos	320,11
Escusa	Cabração e Moreira do Lima (Escusa)	1825,28	Poça das Mãos	95,68
Vila Chã	Beiral do Lima (Vila Chã)	3910,87	Carregadouro	357,02
ILapa	Refóios do Lima (Lapa)	3726,32	Carregadouro	201,06
Piães	Navió e Vitorino dos Piães (Ribeiro de Garantau)	1033,07	Casa do Guarda da Nó	74,11

Os pontos de água podem ser descritos não só pela sua classe, categoria e tipo como também a sua propriedade, por outro lado, esses pontos, na maioria, são reservatórios, no entanto podem ser charcos, rios, lagoas e entre outras. Então, foi feito dois Tabelas descrevendo esses mesmos pontos, tanto da sua classe, propriedade e tipo (Tabela 3.6) mas também das suas características físicas (Tabela 3.7) (SGIF, 2024).

Tabela 3.6. Descrição dos pontos de água: classe, categoria, tipo e propriedade.

Ponto de água	Categoria	Classe	Localização	Tipo de proprietário	Propriedade	Tipo de ponto de água
Casa do Guarda da Facha	1ª ordem	Misto	Facha (Arribão)	Público	ICNF	Reservatório DFCI
Cova do Boi	1ª ordem	Misto	Cabração e Moreira do Lima (Estradão do Rali)	Público	ICNF	Charca
Bouça	1ª ordem	Misto	Rebordões (Souto) (Bouça)	Público	ICNF	Reservatório DFCI
Casa Florestal facha	1ª ordem	Misto	Facha (Ribeira de Pensal)	Público	ICNF	Reservatório DFCI
Tanque de Bustos	1ª ordem	Misto	Facha (Monte da Nó)	Público	ICNF	Reservatório DFCI
Tanque de Santa Justa	1ª ordem	Misto	São Pedro d'Arcos (Santa Justa)	Público	ICNF	Reservatório DFCI
Monte da Madalena	1ª ordem	Misto	Fornelos e Queijada (Monte da Madalena)	Público	Município de Ponte de Lima	Reservatório DFCI
EM522	1ª ordem	Misto	Labruja (Cabana)	Público	ICNF	Reservatório DFCI
Santo Ovideo	1ª ordem	Misto	Sá (Santo Ovídeo)	Público	Município de Ponte de Lima	Reservatório DFCI
Casa do Guarda da Nó	1ª ordem	Misto	Navió e Vitorino dos Piães (Carvalhas)	Público	ICNF	Reservatório DFCI
Muros Brancos	1ª ordem	Misto	Labruja (Muros Brancos)	Público	ICNF	Reservatório DFCI
Casa Florestal do Gigante	2ª ordem	Terrestre	Labruja (Gigante)	Público	ICNF	Tanque de Rega
Hipódromo de Calvelo	1ª ordem	Aéreo	Calvelo (Hipódromo de Calvelo)	Privado	-	Lago
Sr. Lázaro - Cerquido	2ª ordem	Terrestre	Estorãos (Cerquido)	Privado	-	Tanque de Rega
Açude do Lourinhal	1ª ordem	Misto	Estorãos (Lourinhal)	Público	-	Albufeira de açude

Carregadouro	1ª ordem	Misto	Gandra (Carrapata)	Público	-	Rio
Pedreiras	1ª ordem	Aéreo	Fornelos e Queijada (Oliveira)	Privado	-	Outros
Pedreiras Monte Adriano	1ª ordem	Aéreo	Facha (Pica)	Privado	-	Outros
Friastelas	1ª ordem	Misto	Friastelas (Fila Franca)	Público	-	Reservatório DFCI
Poça das Mãos	2ª ordem	Terrestre	Cabração e Moreira do Lima (Lagos)	Público	ICNF	Outros
Tanque do Fojo	2ª ordem	Misto	Labruja (Ribeiro do Caldeirão)	Público	Junta de Freguesia	Reservatório DFCI
Serdedelo	1ª ordem	Misto	Serdedelo (Senhora da Abadia)	Público	-	Reservatório DFCI
Sra das Dores	1ª ordem	Misto	Bárrio e Cepões (EN306)	Comunitário	Conselho Diretivo de Baldios do Bárrio	Charca
Escusa	1ª ordem	Misto	Cabração e Moreira do Lima (Escusa)	Público	-	Reservatório DFCI
Vila Chã	1ª ordem	Misto	Beiral do Lima (Vila Chã)	Não definido	Público	Reservatório DFCI
lLapa	1ª ordem	Misto	Refóios do Lima (Lapa)	Não definido	Publico	Reservatório DFCI
Piães	1ª ordem	Misto	Navió e Vitorino dos Piães (Ribeiro de Garantau)	Não definido	Publico	Reservatório DFCI

Tabela 3.7. Descrição dos pontos de água: características físicas.

Ponto de água	Captação	Formato	Raio / Largura (m)	Comprimento (m)	Altura (m)	Profundidade (m)	Volume máxima (m³)	Volume de água (m³)	Área útil (m²)	Operacionalidade
Casa do Guarda da Facha	Gravidade	Rectangular	8	11	2	2	176	176	88	Operacional
Cova do Boi	Gravidade	Outro	10	20	4	4	800	800	200	Ausência de controlo de vegetação
Bouça	Gravidade	Rectangular	8	10	2	2	160	160	80	Operacional
Casa Florestal facha	Gravidade	Outro	7	7	2	2	98	98	49	Operacional
Tanque de Bustos	Gravidade	Rectangular	8	12	2	2	192	192	96	Operacional
Tanque de Santa Justa	Gravidade	Rectangular	8	10	2	2	160	160	80	Falta de água
Monte da Madalena	Gravidade	Rectangular	4	5	3	2,5	60	50	20	Operacional
EM522	Gravidade	Rectangular	8	10	2,2	2,2	176	176	80	Operacional
Santo Ovideo	Gravidade	Rectangular	4	8	2,2	2,2	70,4	70,4	32	Operacional
Casa do Guarda da Nó	Gravidade	Rectangular	8	11	2	2	176	176	88	Operacional
Muros Brancos	Gravidade	Rectangular	10	20	2	2	400	400	200	Operacional
Casa Florestal do Gigante	Gravidade	Outro	10	10	2	2	200	200	100	Operacional

Hipódromo de Calvelo	Gravidade	Outro	7	20	1,5	1,5	210	210	140	Falta de acessibilidade
Sr. Lázaro - Cerquido	Bombagem	Outro	5	5	1,2	1,2	30	30	25	Operacional
Açude do Lourinhal	Gravidade	Outro	50	100	2	2	10000	10000	5000	Operacional
Carregadouro	Outro	Outro	50	100	2	2	10000	10000	5000	Operacional
Pedreiras	Bombagem	Outro	50	100	5	5	25000	25000	5000	Operacional
Pedreiras Monte Adriano	Gravidade	Outro	20	50	5	5	5000	5000	1000	Operacional
Friastelas	Bombagem	Circular	4		3,9	3,9		195,936	50,24	Operacional
Poça das Mãos	Gravidade	Outro	6	12	3	3	216	216	72	Outra
Tanque do Fojo	Gravidade	Rectangular	8	10	2	2	160	160	80	Falta de água
Serdedelo	Gravidade	Circular	4	-	3,9	3,9	-	195,936	50,24	Operacional
Sra das Dores	Gravidade	Outro	10	-	3	3	-	942	314	Falta de água
Escusa	Gravidade	Circular	4	-	3,9	3,9	-	195,936	50,24	Operacional
Vila Chã	Gravidade	Circular	-	-	3	3	-	-	-	Em planeamento
Ilapa	Gravidade	Circular	-	-	3	3	-	-	-	Em planeamento
Piães	Gravidade	Circular	-	-	3	3	-	-	-	Em planeamento

Quando os pontos de água, começam a ter pouca água ou vazia, o sistema de reabastecimento permite enchê-lo para tê-lo pronto para a ocorrência de fogo. Geralmente, a maioria da água, que é reabastecida nos reservatórios, provêm da rede pública, sendo uma “*fonte abastecedora*”, que “*só é permitida para a alimentação de redes de fogo armadas do tipo carretel (BITC), [...], desde que haja garantia do cumprimento das condições de pressão e caudal nos dispositivos*” (Despacho n.º 8902/2020, de 17 de setembro). “*No caso das BITC, deve ser assegurado um caudal de cálculo de 1,5 L/s, devendo a pressão dinâmica mínima necessária [...], sendo apenas aceite a instalação de bocas-de-fogo com um coeficiente de descarga [...] mínimo de 42 L/min·bar^{0,5}*”, também “*o caudal instantâneo referido*” anteriormente “*pode ser reduzido até 1 L/s [...], devendo, nestes casos utilizar-se obrigatoriamente carretéis com um coeficiente de descarga K de 64 L/min·bar^{0,5}*” (Despacho n.º 8902/2020, de 17 de setembro). Segundo a lei do Despacho n.º 8902/2020 (de 17 de setembro), “*as condições de pressão e de caudal dos sistemas [...] devem ser asseguradas por reserva privativa associada a uma central de bombagem de serviço de fogo (CBSI)*” e “*o volume da reserva de água para serviços de fogo (SI) e as características da CBSI devem ser calculados com base no caudal máximo exigível para a operação simultânea dos sistemas de extinção manuais e automáticos, durante o intervalo de tempo adequado à categoria de risco da utilização-tipo, [...], de acordo com as especificações da ANEPC*”.

3.4.10. Perigosidade

A perigosidade, de acordo com $Q = \frac{V}{t}$ Verde (2008), é uma probabilidade de ocorrer um fenómeno prejudicial, num intervalo de tempo e numa determinada área, onde pode ser baseado pelo histórico desses eventos e a sua suscetibilidade. Para a sua avaliação, são feitos a análise estrutural, que avalia os benefícios do território para a ocorrência do evento, e a análise dinâmica, referindo-se aos aspetos meteorológicos, que permite estimar o comportamento do fogo face aos parâmetros (Verde, 2008). Sendo que o mapa de perigosidade seja adotado pela Autoridade Florestal Nacional e gerou efeitos de regulamentação do Decreto-Lei n.º 156/2004, de 30 de Junho, porém foi retratado pelo Decreto-Lei n.º 124/2006, de 28 de Junho (Verde, 2008). Foi feito um mapa de perigosidade do concelho de Ponte de Lima (Figura 3.26), onde apresenta cinco níveis (classes) de perigo de fogo, sendo elas Muito Baixa, Baixa, Médio, Alta e Muito Alta.

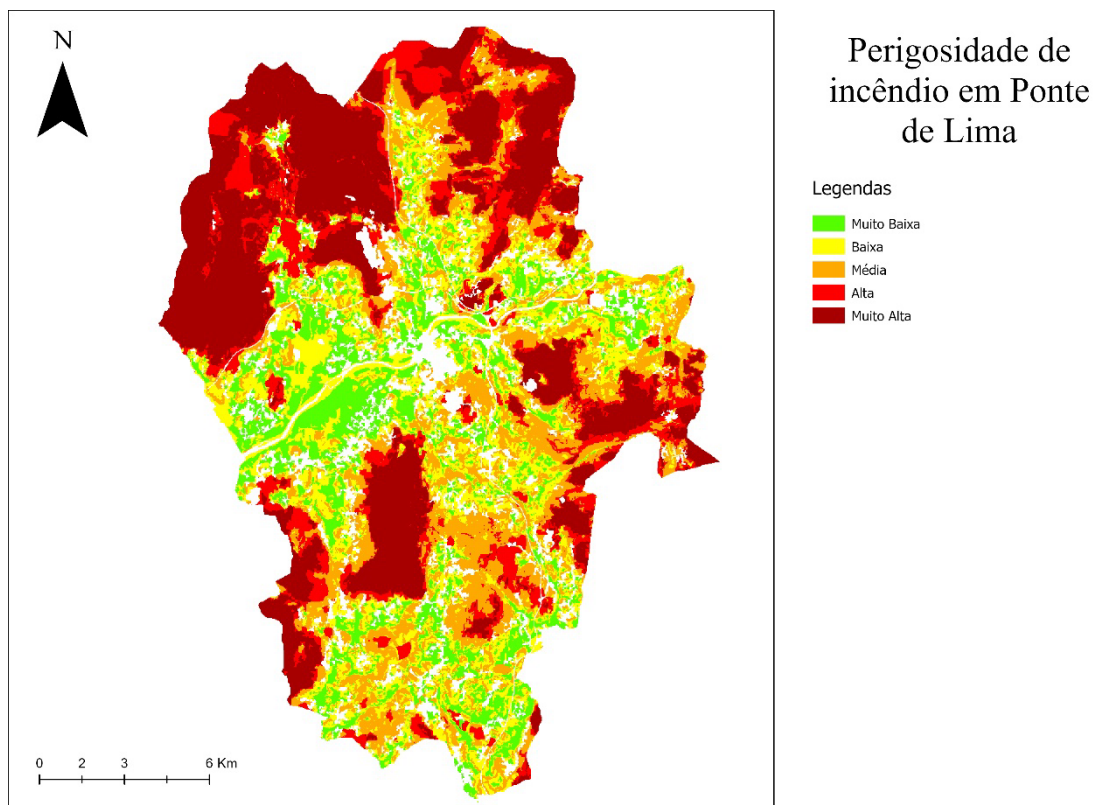


Figura 3.26. Perigosidade de fogo em Ponte de Lima (*adaptado do PNIAC Alto Minho, disponível em https://www.desafio2030.altominho.pt/fotos/editor2/altominho2030/gca/piaac_documento_trabalho_workshofinal.pdf*).

No mapa de perigosidade, através de uma perspetiva estrutural, permitirá apoiar decisões sobre matéria de infraestruturas e gestão do território, enquanto, na perspetiva conjuntural, apoiará a pré-decisão de meios de supressão no terreno e a definição de percursos de vigilância (Verde, 2008). Por outro lado, a perigosidade de fogos florestais supõe a presença de espaços suscetíveis a esses fenómenos, tais como espaços florestais ou rurais (Verde, 2008).

3.5. Comparação de resultados

3.5.1. Localização de pontos de água perto das zonas florestais

Comparando os mapas com a localização dos pontos de água (Figura 3.25) e com a distribuição geográfica das florestas, matos e áreas agrícolas (Figura 3.4), foi feito um mapa assinalando esses mesmos pontos com a sua ocupação do solo vegetal (Figura 3.27).

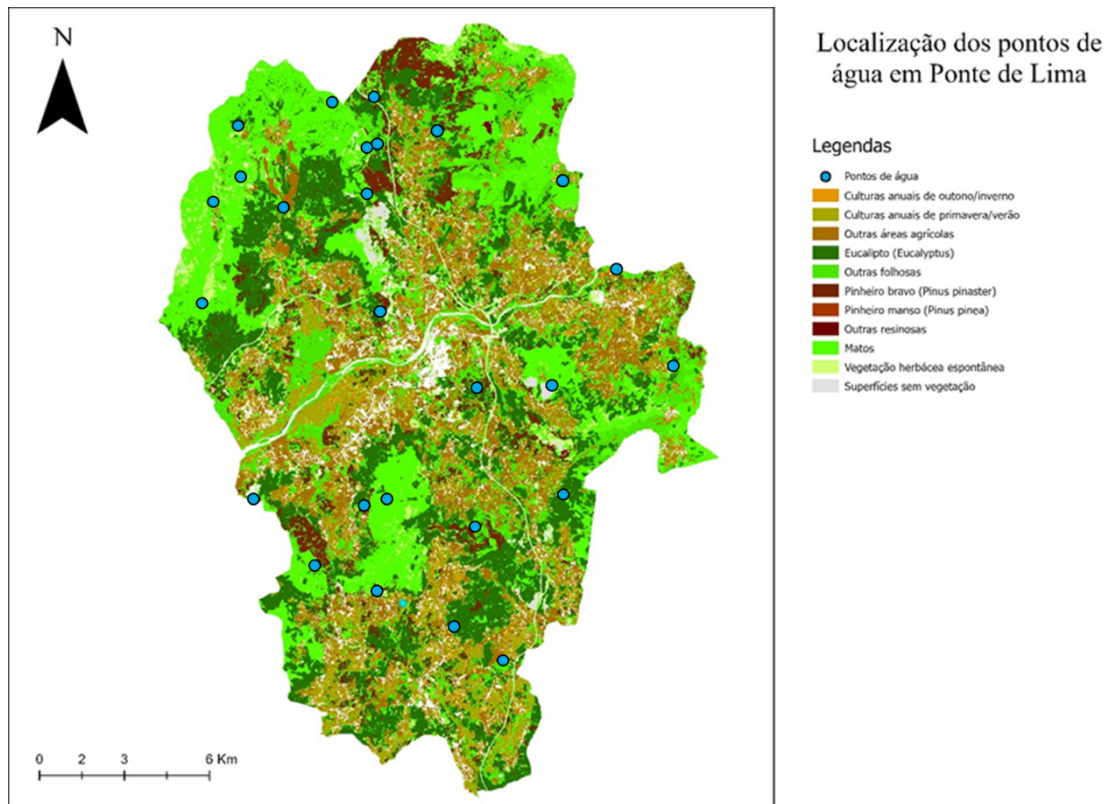


Figura 3.27. Localização dos pontos de água perto das zonas florestais em Ponte de Lima (adaptado do PNIAC Alto Minho, disponível em https://www.desafio2030.altominho.pt/fotos/editor2/altominho2030/gca/piaac_documento_trabalho_workshofinal.pdf).

Segundo o mapa (Figura 3.27), os pontos de água estão localizados perto das zonas florestais, onde são encontrados em matos e campos agrícolas.

3.5.2. Perigosidade de fogo florestal

Através da comparação do mapa de perigosidade (Figura 3.16) e de distribuição geográfica das florestas, matos e áreas agrícolas (Figura 3.14), foi feito um mapa mostrando a perigosidade no concelho, no entanto os níveis de perigosidade utilizado para identificar essas áreas, foram os níveis “Alto” e “Muito Alto” (Figura 3.28).

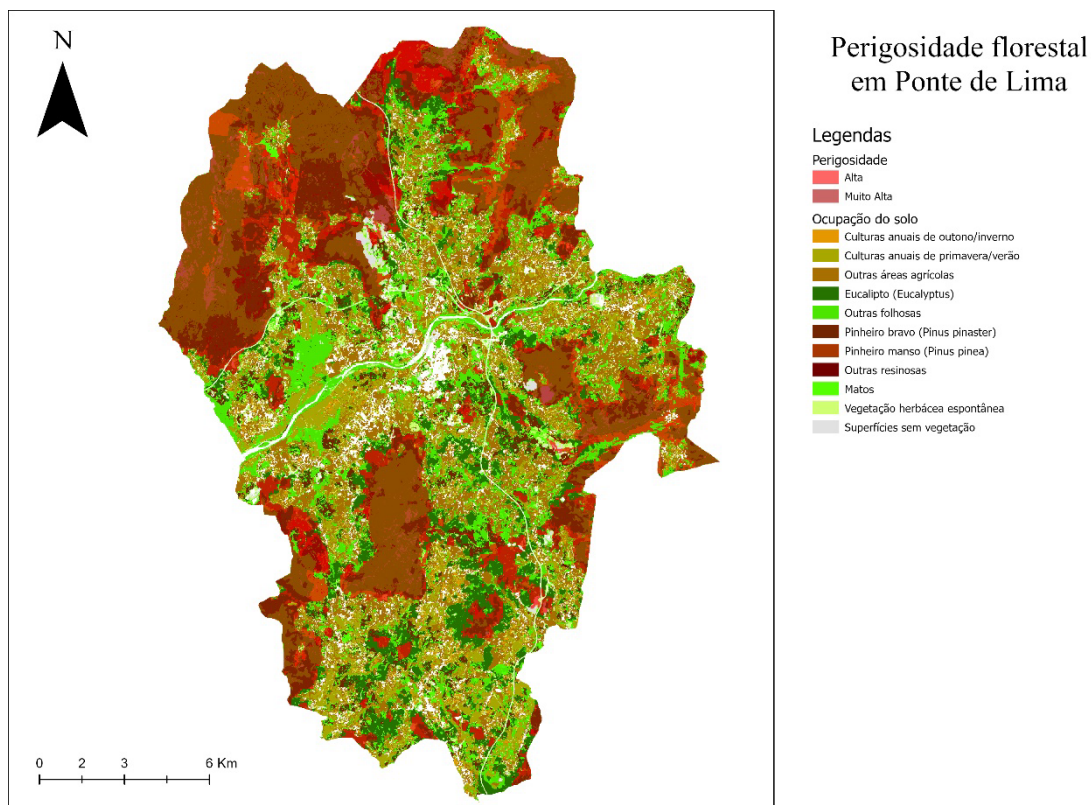


Figura 3.28. Perigosidade florestal em Ponte de Lima (adaptado do PNIAC Alto Minho, disponível em https://www.desafio2030.altominho.pt/fotos/editor2/altominho2030/gca/piaac_documento_trabalho_workshofinal.pdf).

De acordo com o mapa (Figura 3.28), apresenta uma maior área de alta probabilidade de ocorrência de fogo no Norte do concelho do que no centro do concelho.

3.5.3. Hidrogeologia dos pontos de água

Comparou-se a carta hidrogeológica (Figura 3.18) com o mapa dos pontos de água (Figura 3.25) de Ponte de Lima, para analisar o sistema fluvial, que possam encontrar juntos ou ligados aos pontos de água, ao longo do concelho (Figura 3.29).

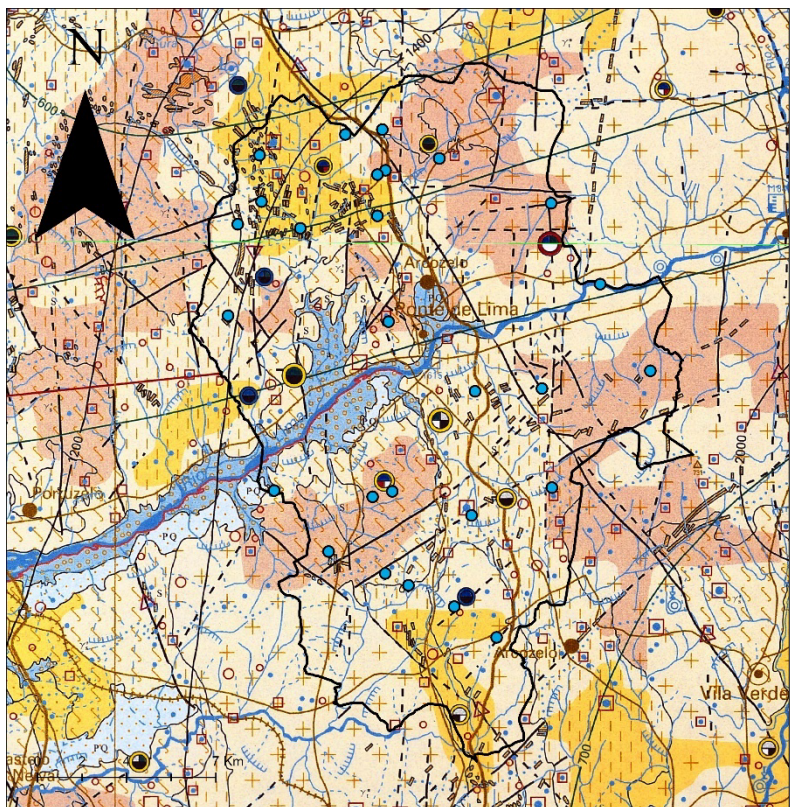


Figura 3.29. Hidrogeologia dos pontos de água de Ponte de Lima.

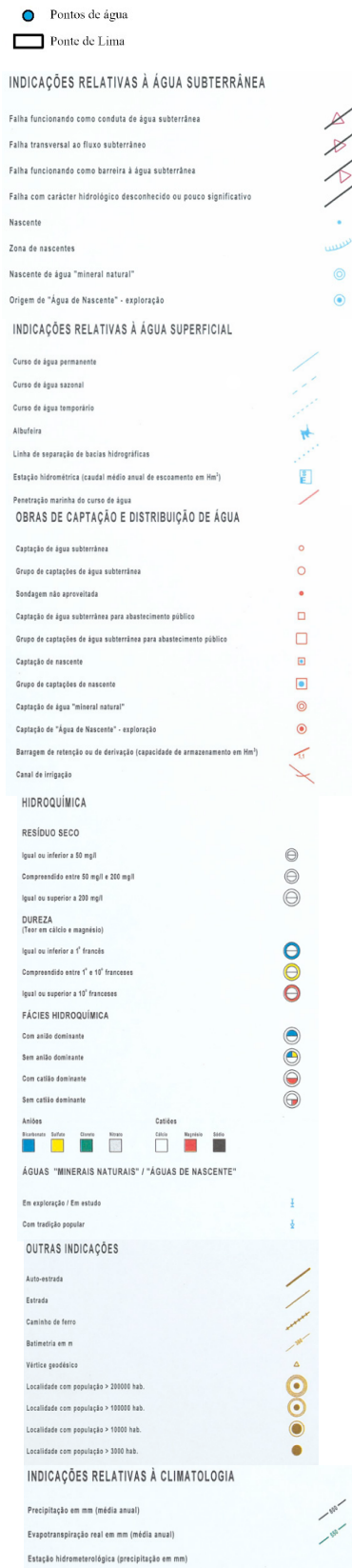


Figura 3.30. Legendas da hidrogeologia dos pontos de água de Ponte de Lima (Figura 3.29).

A Figura 3.29, apresenta um conjunto de pontos de água, localizados no Noroeste do concelho, próximos dos afluentes numa composição rochosa, sendo elas rochas fissuradas metassedimentares (xistos, quartzitos, pelitos, psamitos, xistos carbonosos e siltitos).

No entanto, existem dois pontos de água no Nordeste, que mostram uma constituição rochosa granítica de granitoides biotíticas.

Enquanto, o outro conjunto no Sul do concelho, que se encontram perto dos afluentes, têm uma composição rochosa metassedimentar e granítica (de granitos de duas micas e de granitoides biotíticas).

Mediante a localização dos pontos de água em distintas regiões do Concelho de Ponte de Lima, com as principais composições hidrogeológicas, permitiu-se compreender como ocorre a permeabilidade e a porosidade, levando em consideração ao tipo de material rochoso original.

3.6. Avaliação de risco

3.6.1. Matriz de risco

Durante a ocorrência de fogos, existem diversos riscos, que podem deixar os pontos de água inutilizáveis por um período de tempo, dificultando o combate contra fogos. Com o propósito de evitar a inutilidade dos mesmos, foi elaborado uma avaliação de risco, caso houver um corte de energia nos reservatórios, durante um fogo, onde esses apresentam sistemas com necessidades energéticas (elétricas), sendo a sua captação por bombagem. Foi feito duas matrizes de risco apresentando a sua probabilidade de ocorrência e o nível de impacto com a utilização de sistemas de bombeamento tradicionais (Figura 3.31) e com a utilização de sistemas de bombeamento renováveis (Figura 3.32).

Probabilidade	Alta	Média	Ponto de água inoperacional	Emissão de carbono
	Média	Baixa	Média	Corte de eletricidade
	Baixa	Baixa	Baixa	Média
		Insignificante	Moderado	Catastrófico
		Impacto		

Figura 3.31. Matriz de risco antes dos sistemas de bombeamento renováveis.

De acordo com a figura 3.31, numa situação onde o ponto de água pode ficar inoperacional, devido a um corte de eletricidade durante um fogo, causará falta de energia do sistema de bombeamento parando o abastecimento dos reservatórios para os serviços de emergência, no entanto no caso disso ocorrer são abastecidos em redes hidrológicas e pontos de água próximas, mas prejudica o tempo de mitigação de fogo. Por outro lado, a utilização de energia elétrica através da rede pública para esses sistemas, prejudica o meio ambiente pela libertação de carbono para a atmosfera, causando o efeito estufa.

Probabilidade	Alta	Média	Alta	Alta
	Média	Baixa	Ponto de água inoperacional	Alta
	Baixa	Baixa	Baixa	Corte de eletricidade Emissão de carbono
		Insignificante	Moderado	Catastrófico
		Impacto		

Figura 3.32. Matriz de risco depois dos sistemas de bombeamento renováveis.

Segundo a Figura 3.32, uma vez tendo os sistemas renováveis, as interrupções de abastecimento dos pontos de água serão baixas ao igual que as emissões de carbono para a atmosfera. No entanto, mesmo que a probabilidade de ocorrência seja reduzida, o seu impacto continua sendo alto tal como a matriz da figura 3.31, também mesmo tendo os

sistemas com energia renovável a sua energia é dependente de certos fatores ambientais, como a exposição solar ou a frequência de ventos.

3.6.2. Sistema de captação a partir de fontes renováveis

A partir dos dados obtidos, o número de pontos de água com esse tipo de captação é menor, ou seja, o reservatório de Friastelas é a única com um sistema de captação por bomba. Os reservatórios com um sistema de bomba, permite abastecer a água do mesmo para ocorrências de fogo, no entanto, o corte de energia durante esse processo ao igual que está a acontecer durante um fogo, pode causar que esse ponto de água esteja inativo e demorar mais tempo em apagar o fogo, dado que teriam de buscar água em rios e/ou pontos de água próximos do mesmo ponto. Esses sistemas estão ligados à rede pública, pelo qual são vulneráveis a cortes de energia e causam custos energéticos, então, para prevenir estas situações, os sistemas utilizados devem ser renováveis e autónomos.

Os problemas dos sistemas de captação por meio de bombas podem ser resolvidos através da sustentabilidade dela: diminuindo interrupções de enchimentos dos reservatórios; baixo custo energético; caudal eficiente por baixo consumo energético; e a baixa emissão de carbono. Os sistemas renováveis são alimentados por energia das fontes renováveis, que segundo Silva (2007), geralmente, oferecem diversas vantagens, tais como: garantir a sustentabilidade da geração de energia a longo prazo, reduz as emissões atmosféricas de poluentes, diminui o desmatamento, aumentar o acesso à água potável proveniente de poços e entre outras.

As fontes renováveis podem ser de energia solar, eólica, biocombustíveis e hidroeletricidade. As vantagens e desvantagens das fontes de energia renovável dependem da sua utilização, onde Sousa (2023) mostra os mesmos na Tabela 3.8.

Tabela 3.8. Comparação das vantagens e desvantagens das fontes renováveis (Sousa, 2023).

Fontes de energia	Vantagem	Desvantagem
Energia eólica	- Não produz emissões atmosféricas de GEE e poluentes; - Retorno financeiro a curto prazo;	- Instalação de aerogeradores eólicos provocam modificações nas paisagens; - Emitem ruídos e outros tipos de radiação eletromagnética; - Alto custo dos geradores eólicos; - Prejudica a rota migratória de aves;
Energia solar (fotovoltaica)	- Apresentam menos impactos socioambientais; - Aumenta a economia local; - Alta flexibilidade na localização de instalação; - Baixa interferência na natureza; - Fonte de energia abundante em diversas áreas; - Retorno financeiro a curto prazo;	- Alto custo de instalação;

Os sistemas renováveis podem ser, por exemplo: um sistema de bombeamento solar, onde através de um painel de células fotovoltaicas permitirá obter energia solar em dias com o céu limpo, também a sua eficiência energética afetará ao caudal do sistema, tendo um reabastecimento eficiente, dependendo da área do painel, a energia necessária para a bomba, o tempo de exposição, irradiação e entre outras; ou, um sistema de bombeamento eólica, onde através de uma estrutura mecânica de um catavento permite que o vento faça as aspas do mecanismo girarem, bombeando a água subterrânea (lençóis freáticos) para o reservatório, também a sua eficiência de reabastecimento vai depender da velocidade do vento, frequência de ventos, estado do mecanismo e entre outros.

Então, no caso de fogo, especialmente no verão, o sistema sustentável solar permitirá reabastecer o reservatório com eficiência devido à intensidade de irradiação solar, mas quando a área de fogo é maior e intensa provoca libertação de dióxido de carbono criando

uma nuvem de fumo obstruindo o sol, incapacitando o sistema. No entanto, o sistema sustentável eólico ficará ativo, pois a velocidade do vento permite gerar energia elétrica no gerador devido à rotação das asas para ativar a bomba elétrica, continuando com o seu reabastecimento do reservatório.

4. Discussão

Os mapas com a localização dos pontos de água e o risco de ocorrência de fogos (perigosidade) foram feitos através dos dados da ICNF num Sistema de Informação Geográfica (SIG), sendo uma das ferramentas utilizadas para a prevenção de fogos, enquanto, outra ferramenta, segundo Fontes e Gonçalves (2005), sendo designada como “Carta de Prioridade de Intervenção em Fogos Florestais” fornece uma gestão atualizada anualmente, estipulando uma hierarquia de prioridade de intervenção, combinando os valores das áreas prioritárias para a Conservação da Natureza, do risco de ocorrência de fogos, a rede de acesso, incluindo a localização dos pontos de água, distinguindo-os segundo o seu tipo de abastecimento (aéreo ou terrestre). Os pontos de água encontram-se espalhados ao longo do concelho, onde esses não só estão perto de espaços florestais, áreas agrícolas e redes hidrológicas, mas também em áreas de maior risco de fogo, especialmente, os que se encontram no Norte do concelho de Ponte de Lima com uma maior extensão de área de ocorrência.

O sistema de abastecimento dos reservatórios depende do seu tipo de captação, no entanto o sistema de bombeamento apresenta riscos durante os fogos, especialmente os que requerem energia elétrica para o seu abastecimento. Os fogos tendem causar danos na rede elétrica pública, causando cortes de energia afetando não só a população, como também o sistema de abastecimento dos pontos de água, prejudicando, por exemplo, o tempo de mitigação de fogos. Além desses sistemas serem vulneráveis a cortes de energia, também a energia necessária para o seu funcionamento aumenta e essas energias podem ser prejudiciais ao ambiente, dado que, segundo Souza *et al.* (2019), algumas bombas de captação de água necessitam combustíveis fósseis para o seu funcionamento, causando um aumento dos custos elétricos.

Para evitar este tipo de situações, devem ser substituídos esses sistemas tradicionais para uns renováveis. Os sistemas renováveis permitem não só diminuir o risco de corte elétricos, também fornece uma otimização do caudal no abastecimento dos reservatórios com baixo consumo de energia, melhor eficiência energética e baixa emissão de carbono. Esta solução assemelha ao projeto de Souza *et al.* (2019), onde desenvolve e aplica um sistema de abastecimento de água sustentável para a irrigação nas atividades agrícolas, sendo uma solução empregada em propriedades rurais.

O modelo solar, seria adequado no verão, dado que apresentaria maior tempo de irradiação e pode oferecer melhor rendimento energético. Uma das grandes vantagens do modelo é de ser económico, porque, segundo Jucá *et al.* (2009), utiliza componentes de custo reduzido e de fácil disponibilidade no mercado. Além de apresentar benefícios energéticos e renováveis, a energia solar não é sempre constante, porque, por exemplo, no caso de fogo, a quantidade de dióxido de carbono libertado em forma de fumo pode tapar o céu e consequentemente bloquear a radiação solar, deixando o sistema inativo. Segundo a experiência de Jucá *et al.* (2009) afirma que é possível planejar um “*melhor período para conversão de energia solar em energia potencial, através do bombeamento da água para reservatórios elevados*”.

No entanto, o modelo eólico, serviria não só como um sistema de abastecimento também como um sistema auxiliar para caso a energia solar for bloqueada. Por exemplo, no caso de um fogo, o fumo libertado para atmosfera, bloqueia a radiação solar para manter ativo o sistema solar, mas existe indícios de vento na região, que pode ativar o sistema de reabastecimento através do sistema eólico. Dependendo da velocidade e intensidade do vento, o rendimento energético do sistema seria eficiente. O sistema de bombeamento eólico apresenta como uma solução técnica, limpa e sustentável (Lima, 2018), onde não emite gases de efeito estufa e pode ser utilizado em terrenos agrícolas (Parizotto, 2014). Contudo, se o local apresentar pouca frequência de vento e fraca intensidade, a eficiência energética do sistema será baixa, ou, no pior dos casos, não houver vento na região, deixando o sistema inativo. Por outro lado, a quantidade de energia eólica numa região dependerá das características de desempenho, altura de operação e espaçamento horizontal dos sistemas de conversão de energia eólica instaladas (Parizotto, 2014). Segundo a experiência de Parizotto (2014), afirma que a viabilidade do abastecimento de água, mesmo que não supra o volume total necessário, o sistema irá bombear próximo do volume necessário.

O custo de instalação do sistema sustentável pode ser elevado, apesar da sua vida útil dele ter um custo relativamente baixo (Boitrago *et al.*, 2016) e pode ser interrompida devido aos fatores ambientais, como a diminuição da velocidade do vento para um sistema eólico ou diminuição de claridade e/ou menor irradiação para um sistema solar. Então, a sua aplicação prática poderia ser parcialmente positiva e redundante, pois apresenta benefícios ambientais e garante o abastecimento de água nos pontos de água, mas a energia necessária para esses sistemas dependerá das condições ambientais.

5. Conclusão

Os pontos de água se encontram, estrategicamente, localizados perto das áreas florestais e agrícolas e de redes hidrológicas, incluindo perto de locais de alta ocorrência de risco de fogo. As áreas de alto risco de fogo são áreas que apresentam maior probabilidade de ocorrência de fogo, onde no concelho de Ponte de Lima essas áreas são encontradas, significativamente, no Centro, nas margens do Este e Oeste dele e no Norte. No Norte do concelho além de apresentar maior risco de fogo, também mostra uma grande extensão dela. Estas áreas foram apuradas recorrendo a SIG, que carecem de boas fontes de dados, exigindo igualmente uma boa formação dos técnicos operacionais dos serviços de emergência ao nível da deteção remota.

Os sistemas de abastecimento tradicionais apresentam riscos de impacto elevado, pois estando ligados a uma rede pública, apresentarão cortes de energia, durante o fogo, deixando os reservatórios inoperacionais. Em síntese, a solução para diminuir essa ocorrência durante os fogos e os riscos do mesmo, será substituindo os sistemas tradicionais por sistemas renováveis, porque além de baixar a emissão de carbono para atmosfera também diminui o número de interrupções do sistema durante o fogo.

Então, o estudo dos sistemas renováveis permite não só oferecer sustentabilidade ao meio ambiente, também garante o abastecimento dos pontos de água com menor risco de interrupção energética no combate contra os fogos. Estes sistemas de abastecimento mostram uma redundância com a fonte renovável adequado dependendo do local, onde apresenta melhores condições climáticas. Este estudo demonstra que a sua implementação poderia apresentar inúmeras vantagens no combate contra fogos não só numa perspectiva socioambiental também garantir o abastecimento dos pontos de água para uma emergência.

6. Referências bibliográficas

- Alves C., Silva J. e Fernandes L., 2021. Sistema de Abastecimento de Água por Gravidade – Estudo de Caso Tauá Resort e Convention Alexânia. Disponível em <http://45.4.96.19/bitstream/aee/18985/1/Camila%20%20Jo%C3%A3o%20Paulo%20%20Leonardo.pdf>.
- Bem J., Barbi I., Normey-Rico J., e Ruther R., 2016. Solução para bombeamento de água em propriedades rurais utilizando energia solar fotovoltaica. *Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS*, 1-8. Disponível em <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/1302>.
- Bergmeier E., Capelo J., Pietro R., Guarino R., Kavgaci A., Loidi J., Tsiripidis I. e Xystrakis F., 2021. ‘Back to the Future’—Oak wood-pasture for wildfire prevention in the Mediterranean. *Plant Sociology*, 58(2), 41-48. Disponível em <https://plantsociology.arphahub.com/article/78514/>.
- Blogger, 2009. A flora em Ponte de Lima. Disponível em <http://vem-conhecer.blogspot.com/2009/01/flora-em-ponte-de-lima.html>.
- Boitrigo, S. A., Santos, S. S., Gonçalves, A. H. R., & Canela, M. A. R. (2016). Captação de água por sistema fotovoltaico para consumo humano na localidade rural ilha Caiapós, São Romão-Minas Gerais. *Reec-Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, 12(2). Disponível em <https://revistas.ufg.br/reec/article/view/37490>.
- Brandão, V. A. B., & Neto, J. A. F. SINTAXE ESPACIAL NO PLANEAMENTO TERRITORIAL: APLICAÇÃO AOS FOGOS FLORESTAIS EM PONTE DE LIMA, PORTUGAL. IV Seminário Internacional Brasil, Espanha e Portugal–Planejamento Territorial e Desenvolvimento Rural Sustentável: Tendência e Desafios/Diego Camelo Moreira, Natália Aragão de Figueredo, Roseni Aparecida de Moura–Palmas, TO. 2016. 201p., 24. Disponível em <https://assentamentos.com.br/uploads/assentamentos.com.br/AnaisIVSIBEP2016.pdf#page=166>.
- Câmara Municipal de Ponte de Lima, 2018. Avaliação Ambiental Estratégica. Disponível em https://www.festadovinho Verde.pt/cmpontedelima/uploads/document/file/3068/pier_nppf_rnt.pdf.
- Câmara Municipal de Ponte de Lima, 2020. Área Protegida. Disponível em <https://lagoas.cm-pontedelima.pt/pages/789>.
- Castro M., Castro J. P. e Castro J, 2022. Understory Clearing in Open Grazed Mediterranean Oak Forests: Assessing the Impact on Vegetation. *Sustainability (Switzerland)*, 14(17), 10979. Disponível em <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/17/10979>.
- Diário da República. Despacho n.º 5711/2014, de 30 de abril. Disponível em <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/despacho/5711-2014-25689877>.
- Diário da República. Despacho n.º 8902/2020, de 17 de setembro. Disponível em <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/despacho/8902-2020-142961552>.
- Dias M., Margalha J., Rodrigues A., Ferraz A., Gonçalves S., Santos L., Moura R., Paredes C., & Cruz L., 2018. Plano de Intervenção no Espaço Rústico do Núcleo de Pedreiras das Pedras Finas Ponte de Lima. 23-24 pp. Disponível em

https://www.cmpontedelima.pt/cmpontedelima/uploads/document/file/3069/pier_nppf_relatorio_fundamentacao.pdf.

- Esteves, A. V. S. (2021). Perigosidade à ignição de fogos rurais no Concelho de Resende. Disponível em <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/137208/2/511420.pdf>.
- Eshra N. M. e Salem M. G., 2020. Solar Energy Application in Drainage Pumping Stations to Save Water and Reducing CO₂ Emission. *Energy Reports*, 6(6), 354-366. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484720313123#sec4>.
- Farinha J., Cunha L. e Dimuccio L., 2022. Exploratory Spatial Analysis of Social Vulnerability and Forest Fire Risk in the Pinhal Interior Sul (Central Portugal). *Sustainability (Switzerland)*, 14(5), 3010. Disponível em <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/5/3010>.
- Fernandez H., Granja-Martins F., Pedras C., Fernandes P. e Isidoro J., 2021. An assessment of forest fires and CO₂ gross primary production from 1991 to 2019 in mação (Portugal). *Sustainability (Switzerland)*, 13(11), 5816. Disponível em <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/11/5816>.
- Fontes, A., & Gonçalves, A. (2005). Cartografia de Risco de Fogo no Parque Nacional da Peneda-Gerês e Gestão adequada dos recursos florestais e sistemas naturais. In *Conference Proceedings, X Colóquio Ibérico, Évora*. Disponível em https://apgeo.pt/files/docs/CD_X_Coloquio_Iberico_Geografia/pdfs/080.pdf.
- García-Redondo C., Fernández-Moure P., Cánibe M., Tapia L., Gil-Carrera A., Lombão A., Díaz-Raviña M. e Regos A., 2023. Burn severity and land-use legacy influence bird abundance in the Atlantic-Mediterranean biogeographic transition. *Environmental Research*, 233, 116510. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935123013142?pes=vor>.
- Gois, 2021. Artigos de pirotecnia: lançamento de artigos de pirotecnia e outras formas de fogo/uso de fogo para diversão e lazer. Apontamento de palestra proferida no âmbito do Curso de Investigação das Causas de Fogos Florestais, organizado pela GNR, 22 junho 2021. (n.d.).
- Gomes, C. L., Alves, R. C., Bento, V., Vilaverde, A., Valente, T. M. F., & Lima, F. (2008a). Recursos e património geológico e mineiro. Disponível em <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/30662>.
- Gomes, C. L., Alves, R. C., Bento, V., & Lima, F. (2008b). Fisiografia e geomorfologia. Disponível em https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/30663/4/2008b_CondNaturais_PonteLima_FisiografiaGeomorfologia.pdf.
- Gomes, T. (2014). Projeto de prevenção e combate a fogo. Trabalho de Conclusão de Curso-UFSM, Santa Maria, RS. Disponível em https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/59215639/TCC_TAIS_GOMES20190511-73410-1d6d8xj-libre.pdf?1557607008=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DUNIVERSIDADE_FEDERAL_DE_SANT_A_MARIA_CENT.pdf&Expires=1731422506&Signature=KObW-SxAjFj~w7Zc0C1MT9MYUfESRJCSB95WfXoGMpfBZ6Ds5ojTEzzIgXjCKgYqjYJEJapIaQreMAQInLSSvgNoYkpkmXnxVu74eU4lODylkmldJHyPgJ6kiUn~J

[EgywEAYpwVtvSWcEjkfevuRVessmQ0nTX~6LzBnmldzF2~M-WbQHM71mX97R6Bfnr-aUO3iVQ3SuQh1SQ14hCw55-LS5oIIitzXoA5Uevna9oWPbFJ9vjouZM12bGZxiti4L9DvLaQLMX9pDCxwVWYDXhJBZuQHYZsz4dbNHO3dv6cbyAKzIblxTz54Es8vOC7WFXnOPvpvER3yLcQZSOssQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA.](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092557423001830?pes=vor)

- González-Pelayo O., Prats SA, Vieira AMD, Vieira DCS, Maia P. e Keiser JJ, 2023. Impacts of barley (*Hordeum vulgare* L.) straw mulch on post-fire soil erosion and ground vegetation recovery in a strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) stand. *Ecological Engineering*, 195, 107074. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092557423001830?pes=vor>.
- INE, 2023. Disponível em https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrC od=0008273&xlang=pt.
- ICNF, 2017. Prevenção Fogos Florestais – Redes de Defesa da Floresta Contra Fogos. Disponível em <https://fogos.icnf.pt/download/Forma%C3%A7%C3%A3o%20ICNF/preven%C3%A7%C3%A3o/Preven%C3%A7%C3%A3o%20estrutural%20-%20Redes%20DFCI%20-Curso%20ISLA.pdf>.
- ICNF, 2023. 8.º Relatório Provisório de Fogos Rurais – 2023. Disponível em <https://www.icnf.pt/api/file/doc/058d65a2c60898dc>.
- ICNF, 2024a. Zonas de Intervenção Florestal (ZIF). Disponível em <https://sig.icnf.pt/portal/home/item.html?id=f598cd7c8e0c4ce7bd52621925b74dd5>.
- ICNF, 2024b. Locais críticos com risco de fogo. Disponível em <https://sig.icnf.pt/portal/home/item.html?id=52f5f50c74ed482c907e0b9d27233a7f>.
- Jucá, S. C. S., Carvalho, P. C. M. D., Brito, F. T., & Aquino, A. T. D. (2009). Sistema de supervisão e aquisição de dados aplicado a bombeamento fotovoltaico. Disponível em <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/40882>.
- Lecina-Díaz J., Campos J., Pais S., Carvalho-Santos C., Azevedo J., Fernandes P., Gonçalves J., Aquilué N., Rocés-Díaz J., Torre M., Brotons L., Chas-Amil ML., Lomba A., Duane A., Moreira F., Touza J., Hermoso V., Sil A., Vicente J., Honrado J. e Regos A., 2023. Stakeholder perceptions of wildfire management strategies as nature-based solutions in two Iberian biosphere reserves. *Ecology & Society*, 28(1), 39. Disponível em <https://ecologyandsociety.org/vol28/iss1/art39/>.
- Lima, I. D. M. D. C. (2018). Elaboração e montagem de um protótipo de baixo custo para o bombeamento de água utilizando energia eólica. Disponível em <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/d05288a7-d2d5-4cb6-a631-e408e13e4326/content>.
- Município de Ponte de Lima, 2023. Ponte de Lima. Última atualização 5 de Setembro de 2023. Disponível em <https://www.cm-pontedelima.pt/pages/533>.
- Nery F., Julião R., Ribeiro J., Branco M. e Zêzere J. (2009). Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal. Disponível em <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/39562>.

- Nunes, P. M. V. (2019). Delimitação de áreas ardidas, classificação da severidade do fogo, e avaliação da recuperação das áreas ardidas com recurso a imagens multiespectrais do Satélite Sentinel-2 (Doctoral dissertation). Disponível em <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/34872/1/21624007%20.pdf>.
- Oliveira S., Gonçalves A. e Zêzere J., 2021. Reassessing wildfire susceptibility and hazard for mainland Portugal. *Science of The Total Environment*, 762, 143121. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720366511?via%3Dihub>.
- Parizotto, R. R. (2014). Instalação e avaliação de um sistema de bombeamento d água com aerogerador eólico de pequeno porte para propriedades rurais, na cidade de Cascavel-PR. Disponível em <https://tede.unioeste.br/handle/tede/783>.
- Pires F., 2022. Contribuição para a tomada de decisão sobre o emprego de artigos pirotécnicos em locais previamente licenciados. Disponível em <https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/106272>.
- PORDATA, 2023. Disponível em <https://www.pordata.pt/>.
- Portal Autárquico, 2023. Última atualização 5 de Setembro de 2023. Disponível em <https://portalautarquico.dgal.gov.pt/pt-PT/entidades-loais/concelhos/ponte-de-lima/>.
- Perianes-Rodriguez, A., Waltman, L., & Van Eck, N. J. (2016). Constructing bibliometric networks: A comparison between full and fractional counting. *Journal of informetrics*, 10(4), 1178-1195. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1751157716302036#sec0005>.
- Rodrigues M., Camprubí A., Balaguer-Romano R., Megía C., Castañares F., Ruffault J., Fernandes P. e Dios V., 2023. Drivers and implications of the extreme 2022 wildfire season in Southwest Europe. *Science of The Total Environment*, 859, 160320. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722074204?pes=vor>.
- Santos A., 2015. Environmental Vulnerability in the Aquifer Landscape, Algarve Region, Continental Portugal. *Revista Ateliê Geográfico*, 9(1), 65-78. Disponível em <https://web.p.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=0&sid=c5991aef-1df3-4785-a961-e78cb6ab736c%40redis&bdata=JnNpdGU9ZWhvc3QtG12ZQ%3d%3d#AN=102888799&db=a9h>.
- Sequeira M., Castilho A., Tavares A. e Dinis P., 2023. The Rural Fires of 2017 and Their Influences on Water Quality: An Assessment of Causes and Effects. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(1), 32. Disponível em <https://www.mdpi.com/1660-4601/20/1/32>.
- SGIF, 2024. Sistema de Gestão de Informação de Fogos Florestais. Disponível em https://fogos.icnf.pt/sgif2010/PublicoInfraPontosAgualist.asp?t=PublicoInfraPontosAgua&z_Categoria=LIKE&x_Categoria=1%AA+ordem&z_Classe=LIKE&x_Classe=Misto&z_Tipo=LIKE&x_Tipo=Reservat%F3rio+DFCI&x_Tipo=Piscina&z_Operacionalidade=LIKE&x_Operacionalidade=Operacional&x_Operacionalidade=Falta+de+%Elgua&x_Operacionalidade=Ruptura&x_Operacionalidade=FaIta+de+acessibilidade&x_Operacionalidade=Aus%EAncia+de+controlo+de+vege

[ta%E7%E3o&x_Operacionalidade=Outra&x_Operacionalidade=Em+proposta&psearch=Ponte+de+Lima&Submit=Pesquisa+%28*%29&psearchtype=.](#)

- Silva E., 2012. Helicópteros de combate a fogos florestais no distrito. Bombeiros Voluntários de Guimarães. Visualizado no 14 de junho de 2024. Disponível em <https://www.bv-guimaraes.org/site/helicopteros-de-combate-a-incendios-florestais-no-distrito-2/>.
- Silva, R. (2007). Energias renováveis. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, 1(1), 35-42. Disponível em <https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/boletim/article/view/2177-4560.20070007>.
- Sousa, M. E. F. D. (2023). Fontes energéticas disponíveis para autogeração de energia elétrica na mineração: vantagens e desvantagens. Disponível em https://monografias.ufop.br/bitstream/35400000/5523/1/MONOGRAFIA_FontesEnerg%c3%a9ticasDispon%c3%adveis.pdf.
- Sousa M. e Rodrigues C., 2023. Atlas Ambiental do Concelho de Ponte de Lima. Geomorfologia e Geologia. Disponível em <http://paas.ufp.pt/downloads/GeomorfologiaEGeologiaV3.pdf>.
- Souza Oh, D., de Amorim, E. L., & Fortes, F. C. A. (2019). Desenvolvimento e aplicação de um sistema de bombeamento d'água sustentável para irrigação. *Brazilian Journal of Development*, 5(12), 32300-32315. Disponível em <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/5641>.
- Terêncio D., Sanches L., Cortes R., Moura J. e Pacheco F., 2018. Rainwater harvesting in catchments for agro-forestry uses: A study focused on the balance between sustainability values and storage capacity. *Science of The Total Environment*, 613-614, 1079-1092. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717325482?via%3Dihub>.
- Universidade do Minho, 2008. Romarias sem Sol da Ribeira Lima – Enquadramento Geográfico. Disponível em <http://alfarrabio.di.uminho.pt/lindoso/Romarias/enquadramento.htm>.
- Verde J., 2008. Avaliação da perigosidade de fogo florestal (Doctoral dissertation). Disponível em https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/502/1/17981_Tese_Mestrado_Geografia_Fisica_JOAOVERDE.pdf.
- Visite Ponte de Lima, 2023. Percurso do Rio. Disponível em <https://www.visitepontedelima.pt/pt/turismo/percurso-do-rio/>.
- Weather Spark, 2023. Clima e condições meteorológicas médias em Ponte de Lima no ano todo, Portugal. Disponível em <https://pt.weatherspark.com/y/32398/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Ponte-de-Lima-Portugal-durante-o-ano>.