



NOVA INFORMATION MANAGEMENT SCHOOL

Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação

Universidade Nova de Lisboa

ATIVOS CRITICOS NA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: ZONAS CRÍTICAS

Mestrado em Ciência e Sistemas de Informação Geográfica

U.C. INTELIGÊNCIA GEOESPACIAL

Docente: Telmo Dias

Nº Aluno: 20230618 Nome: Andreia L. Cópio Ribeiro Email: 20230618@novaims.unl.pt

Nº Aluno: 20230606 Nome: Izamara T. C. de Oliveira Vasconcelos Email: 20230606@novaims.unl.pt

2 DE JUNHO DE 2024

Conteúdo

I.	Formulação do problema	4
II.	Contexto do problema	6
III.	Evidências.....	7
a.	Evidências pré-existentes;	7
b.	Evidências derivadas.	7
IV.	Análise.....	8
V.	Conclusões.....	10
Apêndice A -	Evidências.....	11
Apêndice B -	Métodos	18
Apêndice C -	Bibliografia	21

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Evidências pré-existentes	7
Tabela 2 - Evidências derivadas	7
Tabela 3 - Pesos considerados.....	19

Lista de Figuras

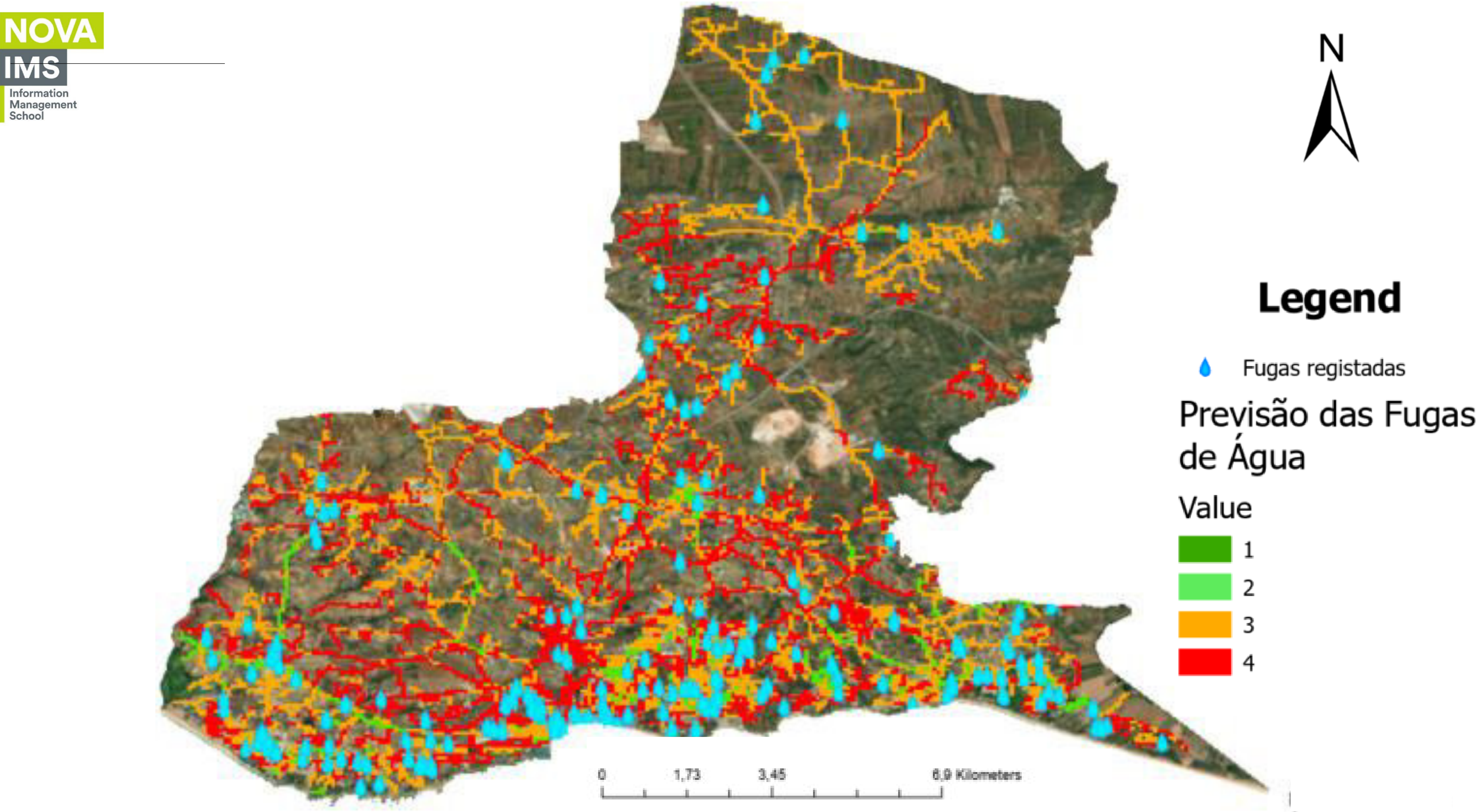
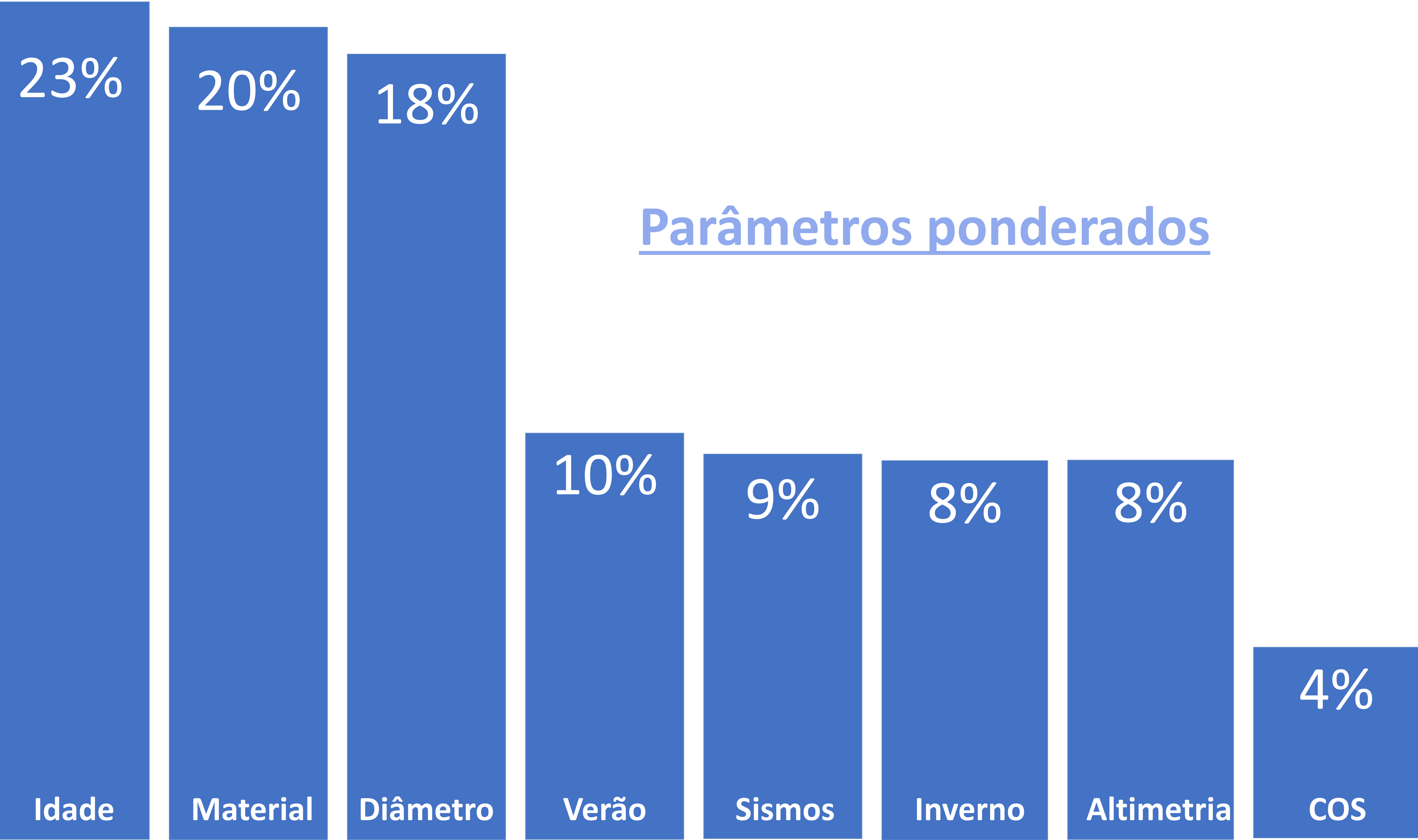
Figura 1 - Situação da rede de abastecimento e distribuição de água a nível internacional (Forero-Ortiz et al., 2023)	4
Figura 2 – Planta de localização da área de estudo.....	5
Figura 3 - Fugas registadas no Município de Albufeira (de outubro de 2023 a maio de 2024)	5
Figura 4 – Fatores de análise do problema	7
Figura 5 – Gráficos com histograma das ruturas consoante o material, diâmetro e a idade	9
Figura 6 - Sismos sentidos em Albufeira	11
Figura 7 - Temperatura: a) Inverno b) Verão	11
Figura 8- Mapa Altimetria /Pressão estática	12
Figura 9 – Diâmetro das condutas	13
Figura 10 – Gráfico da distribuição dos diâmetros da RAA	13
Figura 11 – Idade das condutas.....	14

Figura 12- Gráfico da distribuição das condutas por idade da RAA	14
Figura 13 - Material das Condutas.....	15
Figura 14 – Gráfico com a distribuição do material da Rede de Abastecimento de Água.....	15
Figura 15 – Carta com ocupação e uso do solo.....	16
Figura 16 – Mapa final das zonas suscetíveis a fugas de água	17
Figura 17 – Parâmetros ponderados.....	20
Figura 18 – Modelo utilizado para se obter o mapa previsível das fugas de água	20

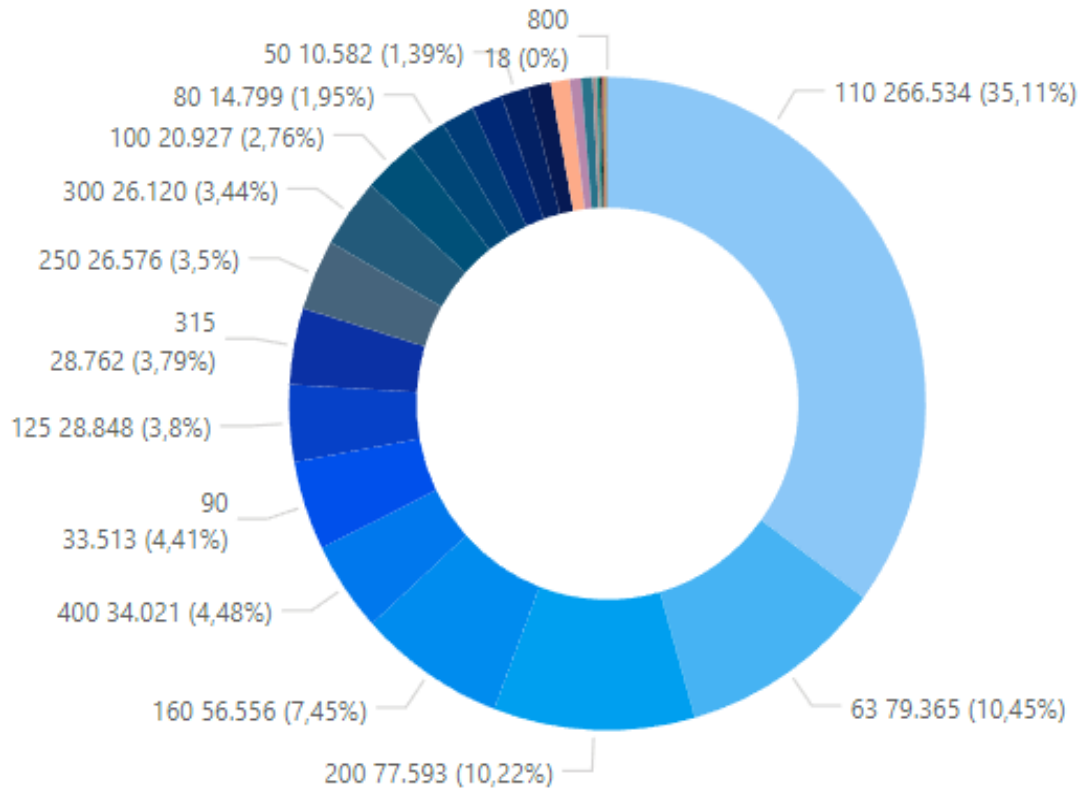
ATIVOS CRITICOS NA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: ZONAS CRÍTICAS

O estudo sita no Município de Albufeira (Algarve), no ano corrente (ano de 2024) decretou alerta de emergência de seca. O Município tem uma área cerca 140km2 e aproximadamente 40.729 habitantes. Segundo os dados da ERSAR o concelho de Albufeira tem 23% de água não faturada, e 1,4/(1000 ramais.ano) falhas no abastecimento (ERSAR, 2024). Adotou-se um método qualitativo, análise multicritério com análise de parâmetros ponderados, para uma gestão de ativos críticos e previsão das falhas e de zonas prioritárias para reabilitação.

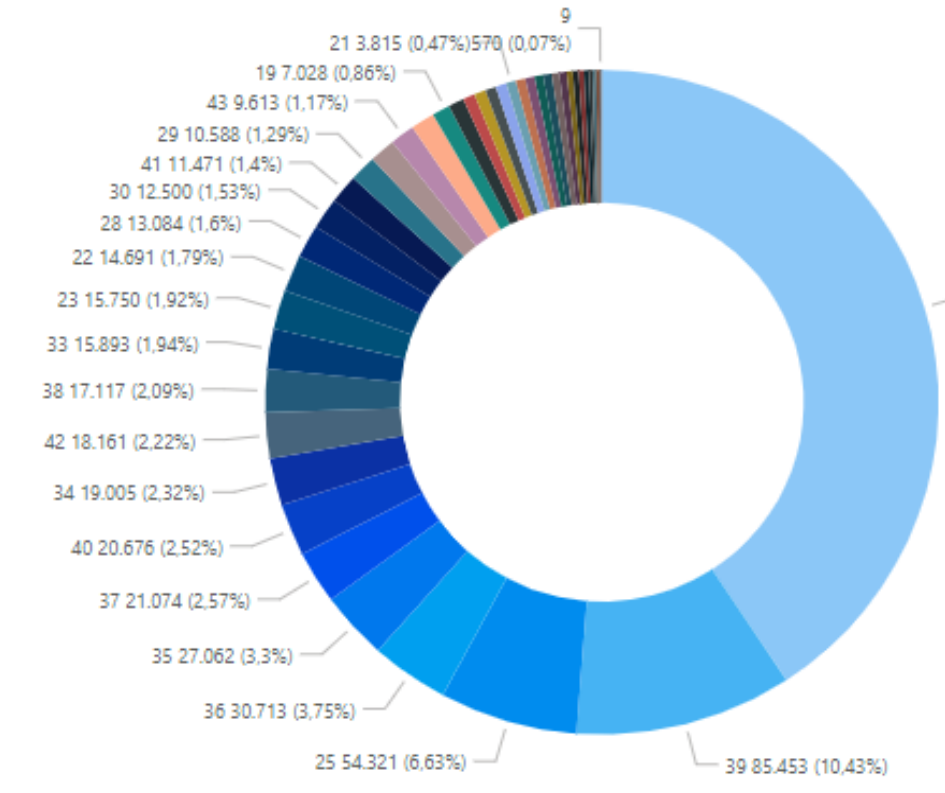
Palavras-chave: SIG, Inteligência geoespacial, análise multicritério, fugas de água



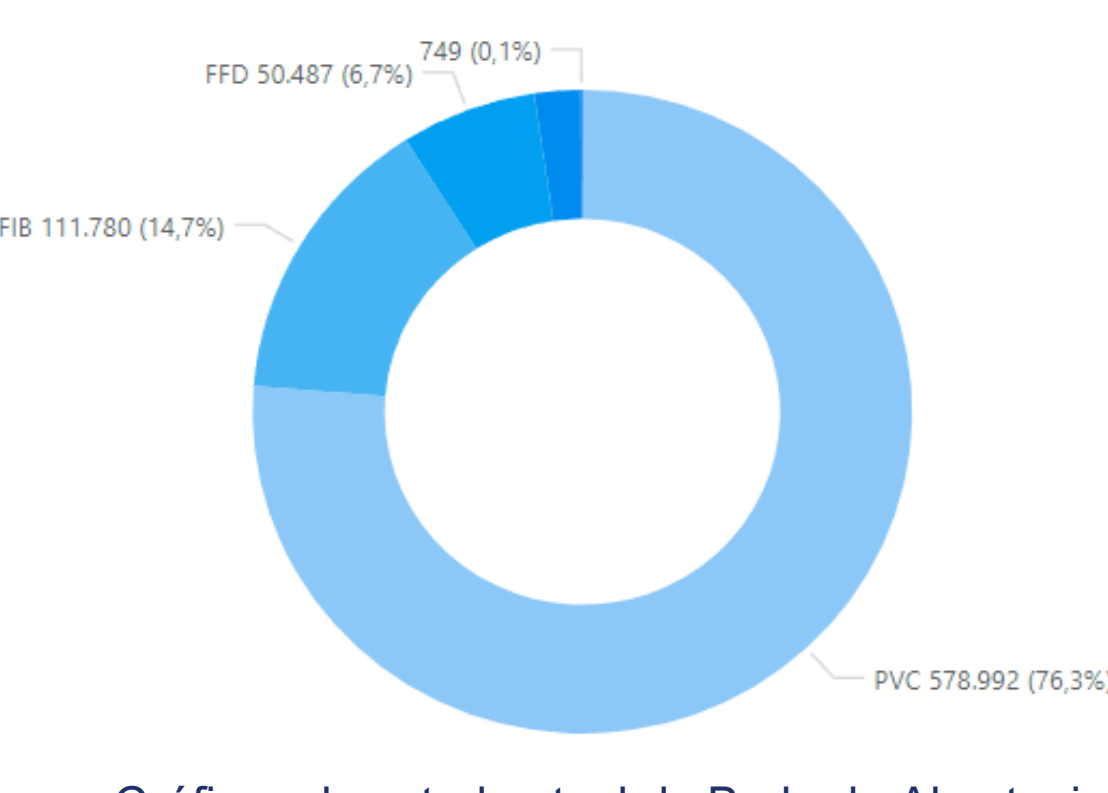
Diâmetro



Idade



Material



Gráficos do estado atual da Rede de Abastecimento de Água

Os resultados demonstram uma distribuição heterogénea das zonas críticas a fugas de água, destacando-se as áreas com alta pressão estática, variação significativa de temperatura e condutas mais antigas. Os fatores de risco são a pressão estática elevada, condutas antigas, material PVC, atividade sísmica alta e área urbana. O modelo foi testado, integrando o balanço hídrico de Albufeira, o qual registou valores de caudais noturnos elevados numa determinada ZMC (zona de medição e controlo). Com análise geoespacial e em conjunto com a equipa de deteção de fugas, indicou-se uma potencial zona critica de perdas de água tendo sido confirmada em campo.

Palavras-chave: SIG, Inteligência geoespacial, análise multicritério, fugas de água

I. Formulação do problema

A detecção de fugas de água nas condutas (DFA) da rede de abastecimento de água (RAA) é bastante importante, pois podem ter várias consequências negativas, tais como, o desperdício de recursos. Anualmente, vários países registam perdas de água não-faturadas e danos nas infraestruturas que refletem na economia (Figura 1). A ERSAR (2024), nos desafios de eficiência hídrica, reportou que 27% da água tratada não é faturada, sendo que 73% corresponde a perdas reais, e apenas 15% e 12% correspondentes a perdas aparentes e consumo autorizado não faturado, respetivamente.

Table 1 Status of WSDNs at the national level in terms of infrastructure and renewal rates, water losses and leakage, and non-revenue water

Year	Country	Status of WSDN	Source
2021	USA	By 2019, Water utilities replaced between 1 and 4.8% of their pipelines per year on average, a replacement rate that matches water pipes' lifecycle	ASCE (2022)
2021	Portugal	28.7% of the total water in the distribution system is non-revenue water, with actual water losses of 174 million m ³ of water/year	ERSAR (2021)
2020	Spain	The overall network renewal rate is 0.43%, and over 27% of the pipeline is more than 40 years old	AEAS (2021)
2020	The UK	Almost 1095 million m ³ of water (20% of the total water supply) are lost daily due to leaks	National Audit Office (2020)
2020	USA, Canada, and Mexico	In North America, the total cost of water losses due to pipe breaks is estimated at USD 3.8 billion per year	Snider and McBean (2020)
2020	Canada	There are over 6000 km of water pipelines in Toronto, 13% are between 80 and 100 years old, and 11% are over 100 years old	El-Diraby (2021)
2019	China	According to the National Bureau of Statistics of China, in 2019, some cities had water leakage rates higher than 40%	Liu et al. (2022)
2019	Canada	17,788 km (9.6%) of the pipelines were in poor/deplorable condition, and 32,641 km (17.7%) were in fair condition	CIRC (2019)
2019	USA	Drinking water systems currently lose 7.95 × 10 ³ million m ³ of non-revenue water loss annually, losing an estimated USD 7.6 billion of treated water in 2019 due to leaks, with more than 240,000 pipeline breaks	ASCE (2022)
2018	The USA and Canada	Between 2012 and 2018, overall water pipelines break rates increased by 27%, from 11.0 to 14.0 breaks/161 km/year	Folkman (2018)

Figura 1 - Situação da rede de abastecimento e distribuição de água a nível internacional (Forero-Ortiz et al., 2023)

Os custos operacionais elevados são associados às reparações das condutas de água. Segundo a RTP notícias “Portugal desperdiça todos os dias milhares de litros de água por causa do mau estado das condutas”. Em 2022 foram desperdiçados 184 mil milhões de litros. Os dados apontam que em alguns concelhos do País, as ruturas nas redes de abastecimento são responsáveis pela perda de mais de 70% de toda a água que entra no sistema. Os especialistas alertam que o estado das condutas é uma bomba-relógio. A capacidade de prever falhas permite às entidades gestoras estabelecer um cronograma para o planeamento antecipado de tarefas de manutenção específicas. Este planeamento antecipado inclui a alocação de tempo para execução das tarefas, preparação das ferramentas necessárias, elaboração do orçamento e programação de interrupções para reparar as fugas de água (RTP, 2024).

A análise será efetuada no Município de Albufeira, sita no Algarve (Figura 2), que já no ano corrente decretou alerta de emergência de seca. O Município de Albufeira tem uma área cerca 140km² e tem aproximadamente 40.729 habitantes. Segundo os dados da ERSAR o concelho de Albufeira tem 23% de Água não faturada, e 1,4/(1000 ramais.ano) falhas no abastecimento (ERSAR, 2024). O problema consiste em fazer uma boa gestão de ativos críticos, ou seja, entender quais as zonas da rede de abastecimento de água que são prioritários a nível de reabilitação. De forma a validar o resultado desta análise vamos comparar com as ocorrências que foram registadas por uma equipa de deteção de fugas de água com recurso a geofone acústico no período de outubro de 2023 a maio de 2024 (conforme a Figura 3).

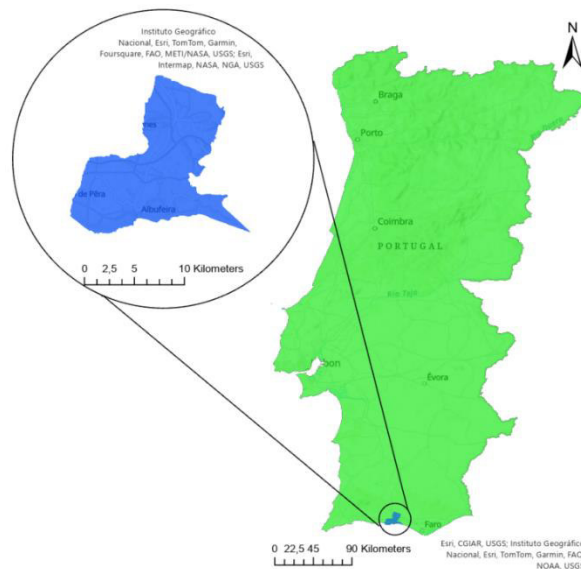


Figura 2 – Planta de localização da área de estudo

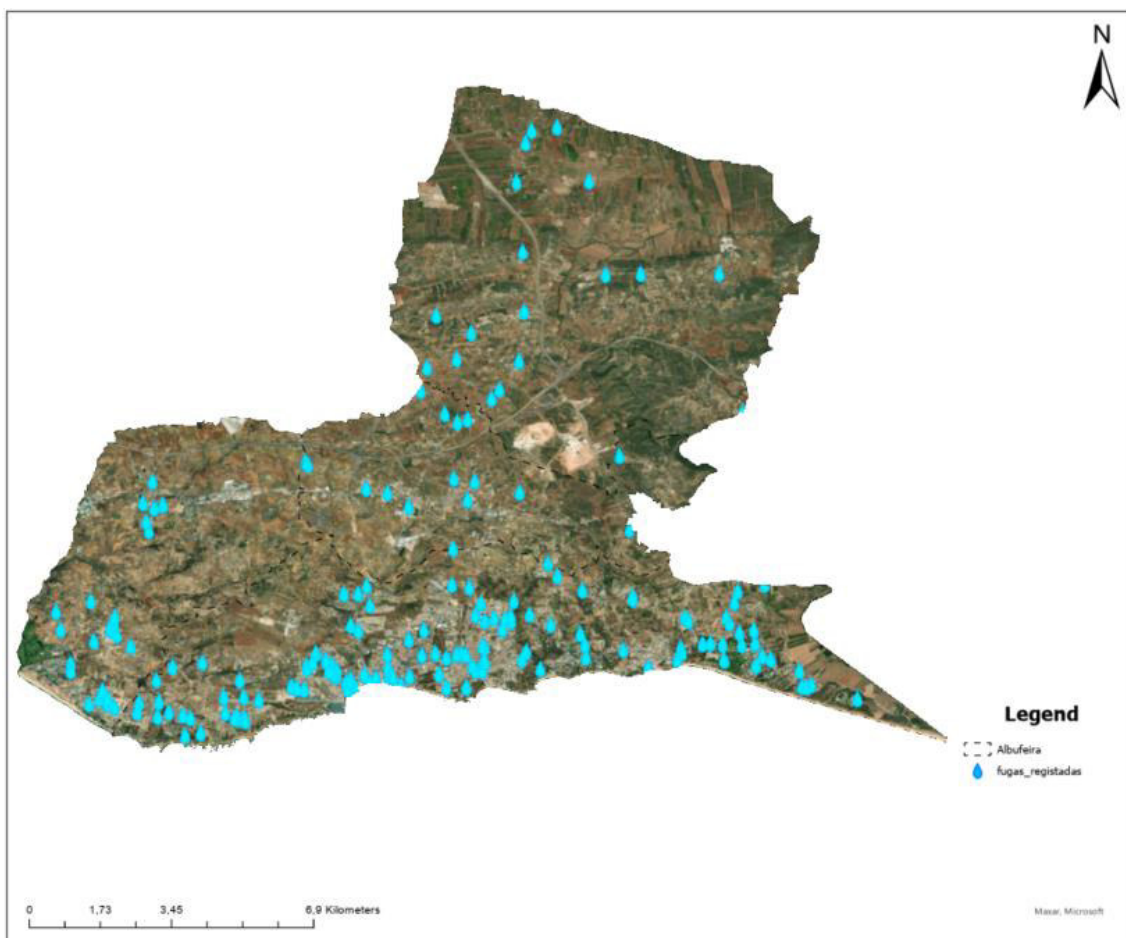


Figura 3 - Fugas registadas no Município de Albufeira (de outubro de 2023 a maio de 2024)

II. Contexto do problema

A gestão de infraestruturas de água é um problema discutido em várias partes do mundo. Várias metodologias têm sido testadas e propostas por autores diferentes. Segundo Dawood (et al., 2020), no campo de previsão das ruturas de água e avaliação de riscos, os modelos podem ser divididos em três principais categorias: modelos baseados em estatística, modelos que usam redes neurais artificiais (ANN) e modelos de lógica difusa (FL – Fuzzy logic). Neste projeto recorre-se a modelos baseados em estatística, de acordo com Rajani & Kleiner (2001b in Dawood et al., 2020), os modelos estatísticos probabilísticos (SPM) estimam a probabilidade de falhas nas condutas por meio da aplicação da teoria da probabilidade, bem como da análise de um grande conjunto de variáveis complexas, como as condutas, solo e fatores ambientais.

Neste trabalho adotou-se um método qualitativo, nomeadamente, análise de parâmetros ponderados (*Weighted Parameter Analysis*, ver Apêndice B - Métodos). Adaptado de Baum, Galloway & Harp (2008), em sua análise de estabilidade de encostas e das infraestruturas, o avaliador seleciona e mapeia parâmetros (como declive, geologia e densidade da drenagem) que com base na experiência pessoal influenciam e atribui um peso a cada parâmetro de acordo com sua contribuição relativa para cada rutura. De salientar que, aspetos como sismos, movimentos do solo, distúrbios na construção, assentamentos e movimento devido a processos de congelamento e degelo (temperatura), ameaçam a integridade das condutas seja por impacto e por deslocamento de deslizamentos de terra (Baum, Galloway & Harp, 2008). No campo da gestão de riscos, acredita-se haver cinco categorias principais (National Research Council Canada., 2002), nomeadamente 1) eventos naturais, como incêndio, tempestade, inundação e sismo, 2) impactos resultantes de partes externas como falha de energia, derrames, greve trabalhista, 3) agressões por ator de vandalismo que resultem na destruição de ativos críticos, 4) infraestrutura envelhecida e deterioração física e 5) risco operacional, que abrange a forma como a infraestrutura é projetada, gerenciada e operada (Figura 4).

O método utilizado é a análise multicritério, onde foi considerado os fatores físicos, operacionais e ambientais para comparar resultados das ruturas de água registadas. As atribuições de pesos incluem ordenação de critérios, escalas e distribuição de pontos e comparação par a par. Foi usado o método de análise hierárquica (AHP) representado com uma escala de 1 a 4, sendo 1 interpretado como zona menos propícia a fugas de água e 4 como zona mais propícia a fugas (ver Apêndice B - Métodos).

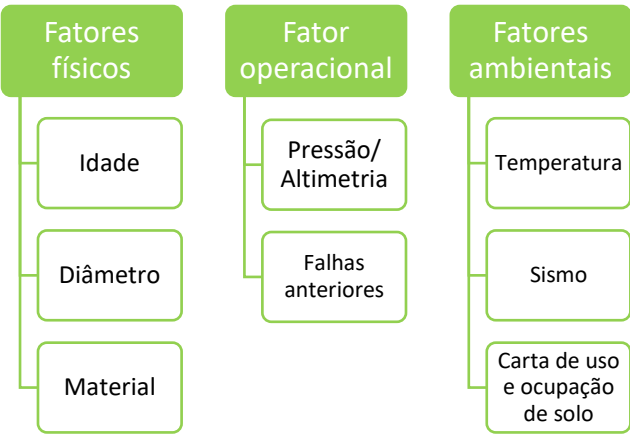


Figura 4 – Fatores de análise do problema

III. Evidências

Para realizar a análise deste projeto começou-se por definir as áreas de atuação, para tal identificou-se as seguintes evidências:

a. Evidências pré-existentis;

Tabela 1 – Evidências pré-existentis

Fonte	Descrição	Tipo	Formato	Evidências
NASA	30N015W_3S	Raster	ACE2	Altimetria
	POWER_Regional_verão	Raster	nc e csv	Temperatura
	POWER_Regional_inverno	Raster	nc e csv	
USGS	Sismos2020_2024	Pontos	kml	Sismos
	Landsat: LE07_L2SP_203034_20230415_20230511_02_T1_SR	Raster	TIFF	Carta e ocupação do solo
DGF CAOP	Cont_AAD_CAOP2021	Poligonos	Shapefile	Concelho
Município de Albufeira	Condutas	Linhas	Shapefile	Infraestruturas
	Roturas anterior (10/2023 a 05/2024)	Pontos	Shapefile	Critério de comparação

As camadas da Tabela 1 não foi aplicado qualquer tipo de pré-processamento.

b. Evidências derivadas.

Tabela 2 - Evidências derivadas

Descrição	Tipo	Derivadas
Altimetria	Raster	Declive
Verão	Raster	Temperatura
Inverno	Raster	
Sismos	Raster	Sismos
Carta e ocupação de solo	Raster	Carta de uso e ocupação do solo
Conduitas: Idade	Raster	Infraestruturas
Material		
Diâmetro		
Fugas de água (resultado final)	Raster	

A metodologia de deteção remota abrangeu pré-processamento da imagem de satélite Landsat, classificação da mesma, pós-processamento e avaliação da exatidão. Foram consideradas as classes de água, área urbana, agricultura, floresta e solo descoberto.

IV. Análise

O estudo de previsão de fugas de água na rede de abastecimento do Concelho de Albufeira integra a análise multicritério espacial, que combina fatores ambientais, operacionais e físicos usando pesos específicos. O raciocínio geoespacial subjacente envolve a fusão de informações de diferentes fontes e a avaliação integrada de várias camadas de dados para identificar zonas críticas a fugas de água.

Os dados foram recolhidos de fontes como NASA, DGT, e o Município de Albufeira, normalizados no sistema de referência EPSG:3763 - ETRS89 / Portugal TM06 para garantir consistência espacial.

A análise geoespacial das ruturas indica que existe uma concentração maior na zona sul do município, onde se verifica maior densidade urbana, consequentemente em zonas onde existem maior cobertura de infraestruturas. Outra observação é no histórico das falhas registadas demonstra que as condutas mais antigas estão mais suscetíveis aos danos, fissuras e colapso. Outras constatações são que o material PVC tem sido o mais recorrente e os diâmetros das condutas menores, nomeadamente os ramais, são mais propícios a fugas (Figura 5).

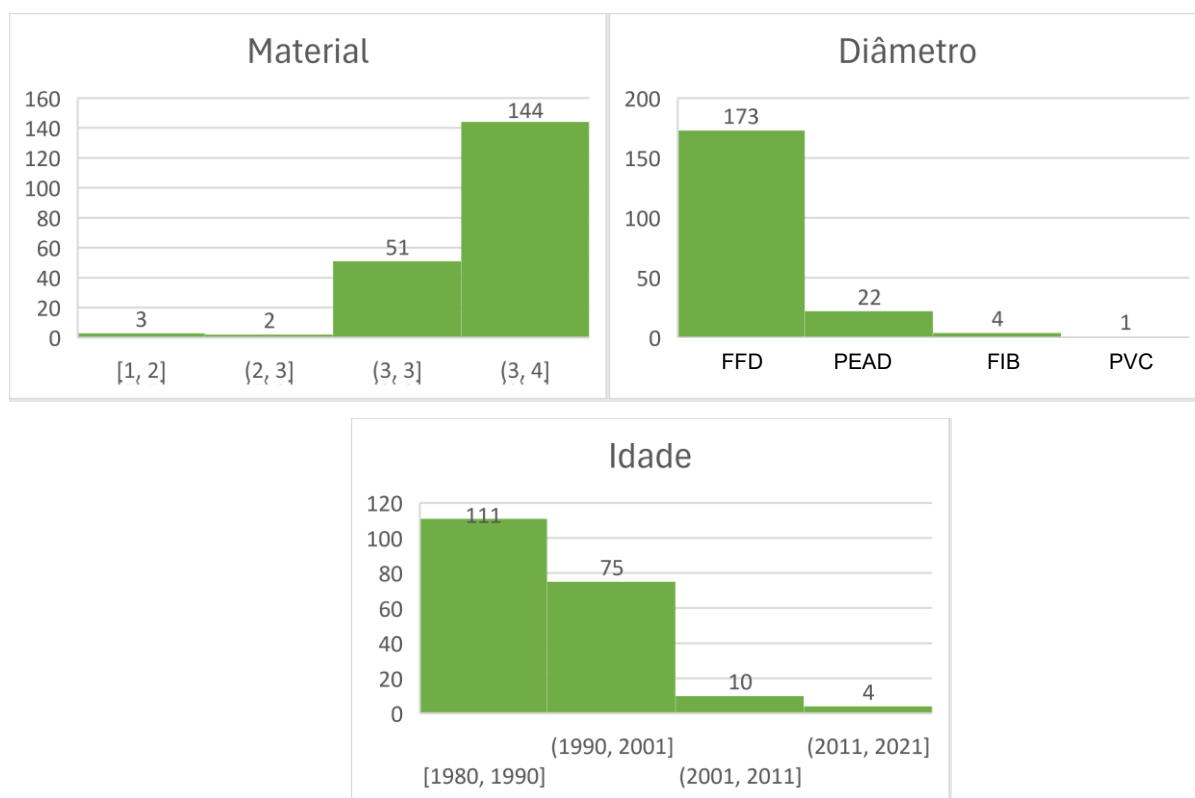


Figura 5 – Gráficos com histograma das ruturas consoante o material, diâmetro e a idade

Os fatores como intensidade dos sismos, temperatura, altitude/pressão, histórico de falhas, e características das condutas (diâmetro, material e idade) foram ponderados usando o método AHP, atribuindo pesos conforme a relevância para fugas. Na análise Espacial, usou-se ferramentas do ArcGIS Pro (Buffer, Euclidean Distance, Slope Raster, IDW, Weighted Overlay e Reclassify) para processar e integrar os dados, reclassificando e combinando camadas *raster* para criar uma superfície de índice composta que indica zonas de maior risco.

Ao considerar alternativas, o estudo sugere que a abordagem multicritério combinada com SIG proporciona uma base sólida para a previsão de fugas, no entanto, outros métodos preditivos, como redes neurais artificiais, poderiam oferecer uma análise complementar e potencialmente mais precisa.(Dawood et al., 2020)

A hipótese inicial de que a fusão entre os dados espaciais e análise multicritério pode prever eficientemente as fugas de água foi confirmada, as áreas identificadas pelo modelo coincidiram com registos históricos de ruturas de água, validando a metodologia. A inclusão de mais fatores poderá assistir no refinamento do modelo.

V. Conclusões

A deteção de fugas de água nas condutas da rede de abastecimento de água é crucial, dadas as diversas consequências negativas associadas, como o desperdício de recursos, danos nas infraestruturas, custos operacionais elevados, entre outros.

A análise multicritério espacial usando SIG é uma abordagem robusta para prever fugas de água, a fusão de múltiplas camadas de informação geoespacial, ponderadas por sua relevância, permite uma avaliação detalhada das zonas de risco.

Os resultados demonstram uma distribuição heterogénea das zonas críticas a fugas de água, destacando-se as áreas com alta pressão estática, variação significativa de temperatura e condutas mais antigas. Este estudo pode ser enriquecido com mais fatores, como tipo de solo e tráfego diário. As áreas com pressão estática elevada, variações de temperaturas extremas, condutas antigas e condutas em PVC mostram que são fatores mais propícios a fugas de água, incluído a atividade sísmica alta, ocupação do solo, esta análise indica que o modelo é eficiente.

O modelo foi testado, integrando o balanço hídrico de Albufeira, o qual registou valores de caudais noturnos elevados numa determinada ZMC (zona de medição e controlo). Com análise geoespacial e em conjunto com a equipa de deteção de fugas, indicou-se uma potencial zona crítica de perdas de água tendo sido confirmada em campo.

A metodologia comprovou ser útil, e acreditamos que a adição de outros fatores e a comparação com outros modelos preditivos poderiam aprimorar a precisão e a utilidade prática do modelo. Em uma abordagem mais proativa, este modelo pode ser usado para uma gestão da rede de abastecimento de água, ou seja, permitindo um planeamento de manutenção das condutas evitando eventuais ruturas de água. Isto pode resultar em uma redução significativa dos custos operacionais, assim como os danos ambientais.

Apêndice A - Evidências

Área de estudo está numa zona de atividade sísmica alta, o que significa que as condutas estão constantemente a sofrerem vibrações devido à atividade sísmica (Figura 6).

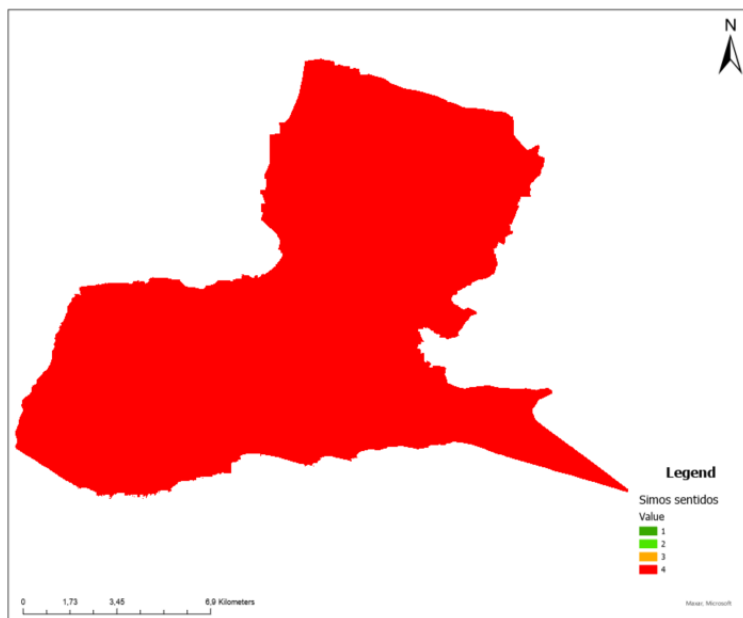


Figura 6 - Sismos sentidos em Albufeira

No ponto a) e b) da Figura 8 confirma-se que existem variações de temperatura ao longo do ano na rede, o que significa que a RAA dilata com temperatura.

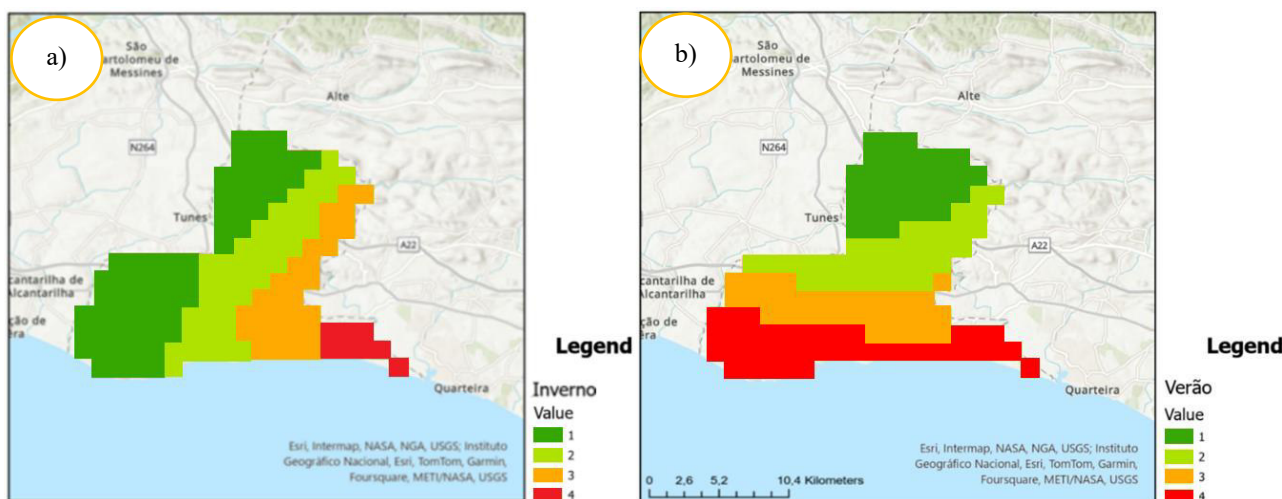


Figura 7 - Temperatura: a) Inverno b) Verão

Na Figura 8, as zonas que estão a vermelho são zonas onde existem excesso de pressão (> 6 bar) na Rede de Abastecimento de Água e as zonas a verde são zonas com pressão normal (2 bar).

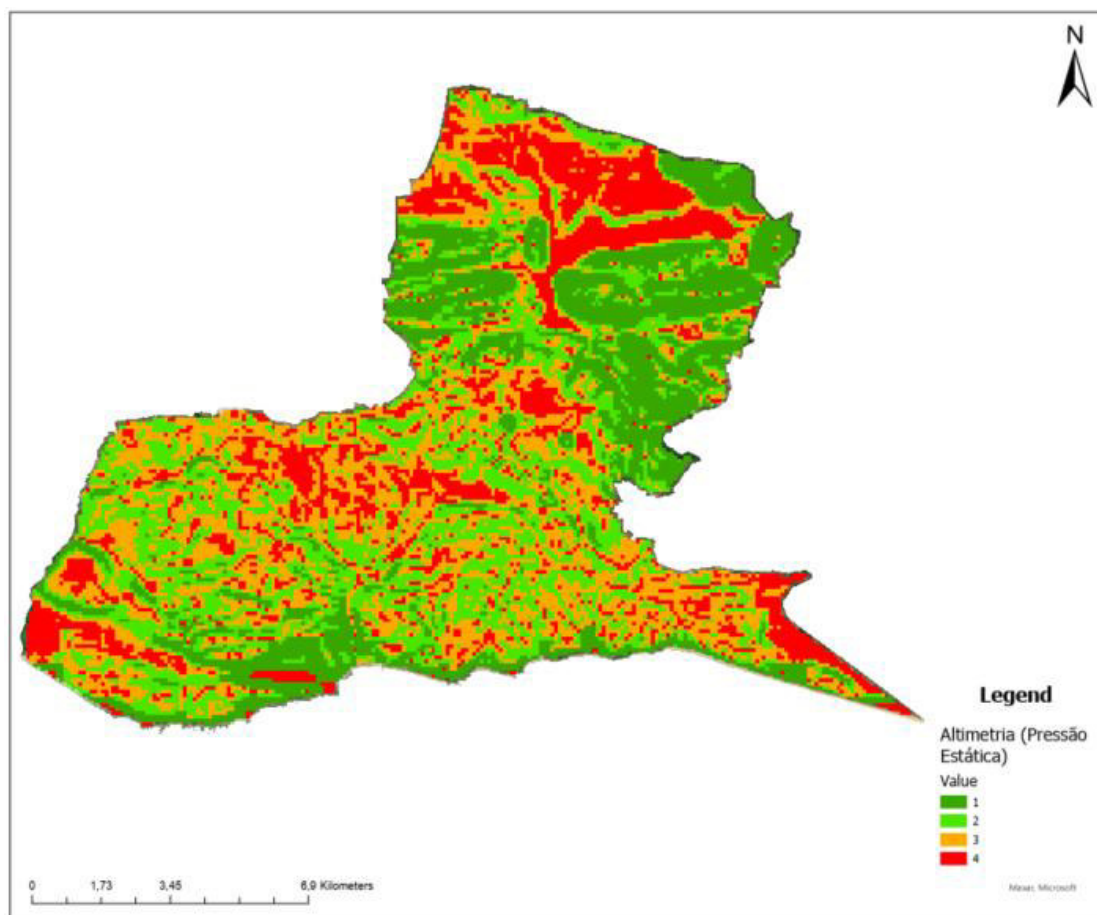


Figura 8- Mapa Altimetria /Pressão estática

Nas Figura 9 e Figura 10, a rede é constituída maioritariamente por diâmetros pequenos, por outras palavras, tem uma gama entre 0 e 200mm.

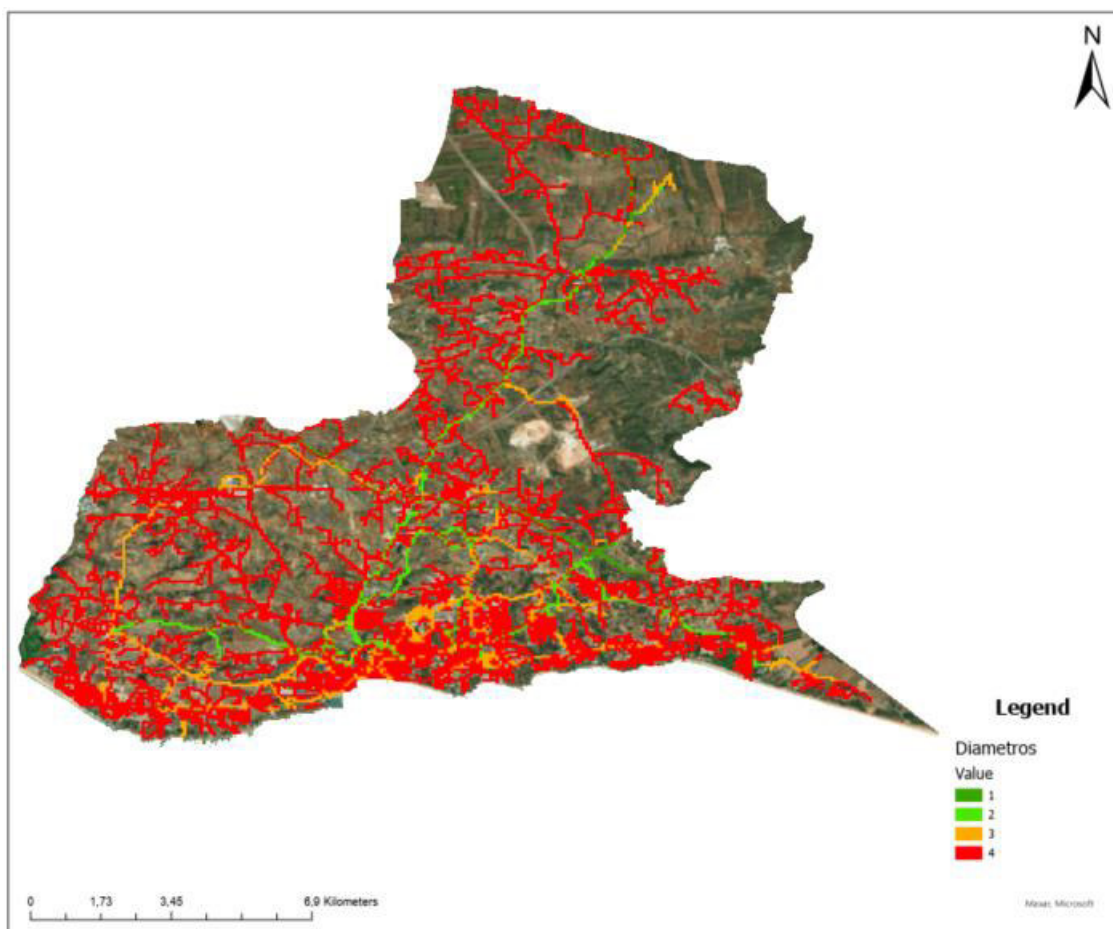


Figura 9 – Diâmetro das condutas

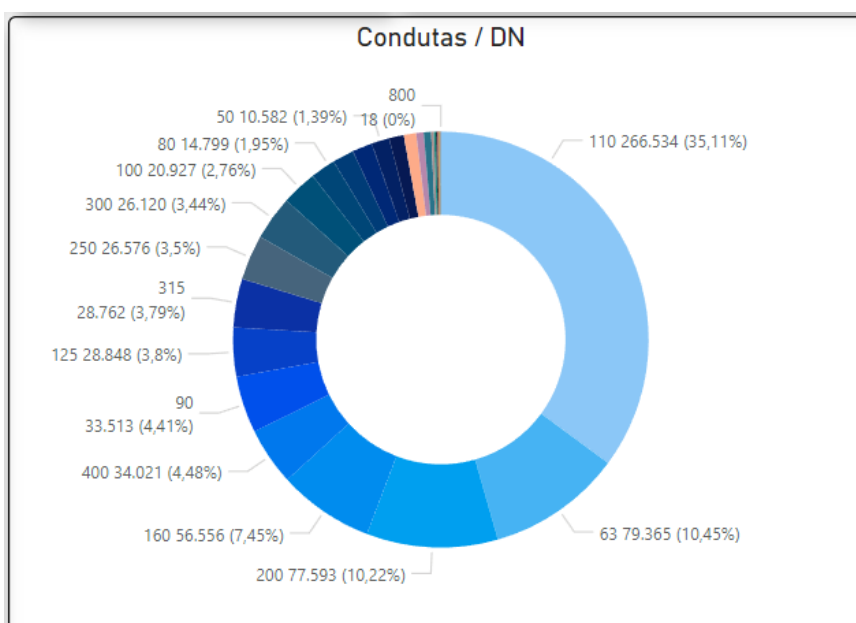


Figura 10 – Gráfico da distribuição dos diâmetros da RAA

A RAA está muito envelhecida na zona Sul, que por sua vez coincide com as zonas mais velhas de Albufeira (Figura 11 e Figura 12).

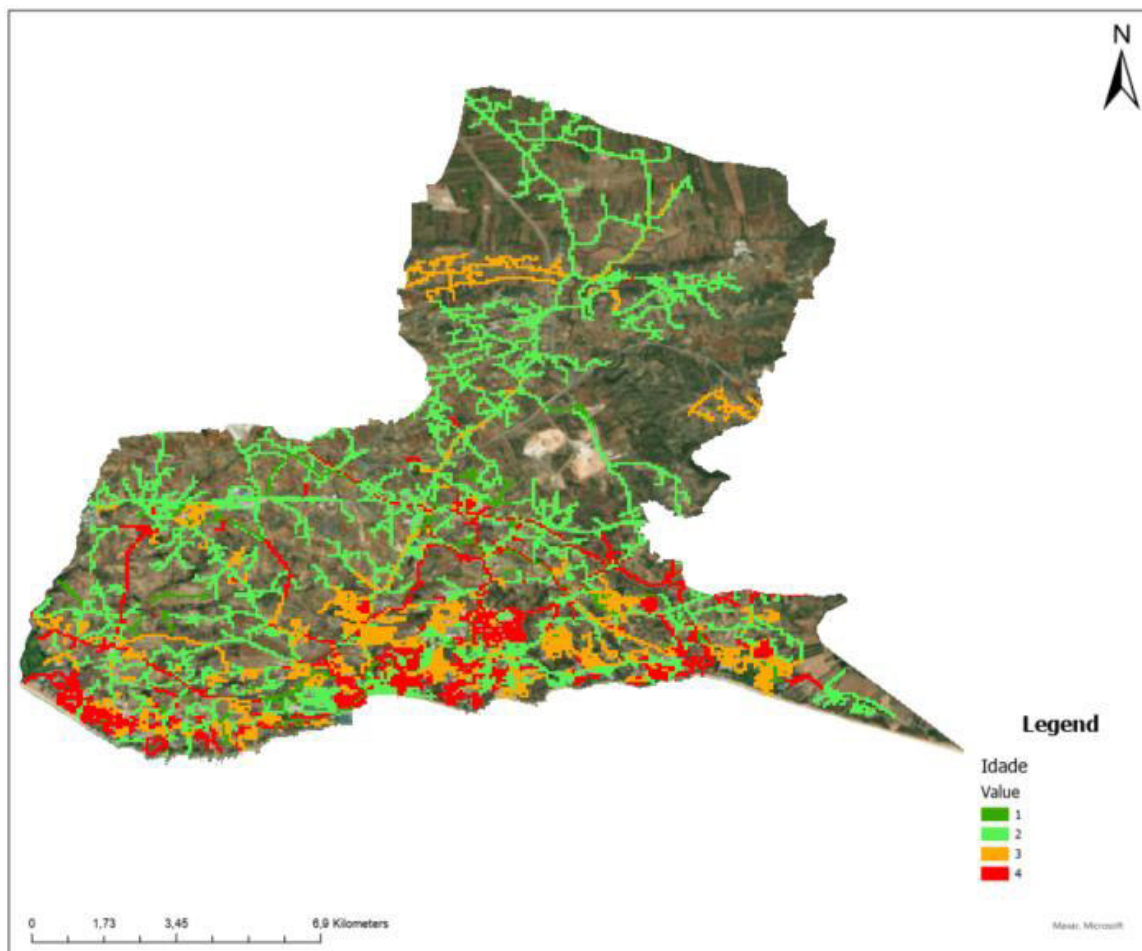


Figura 11 – Idade das condutas

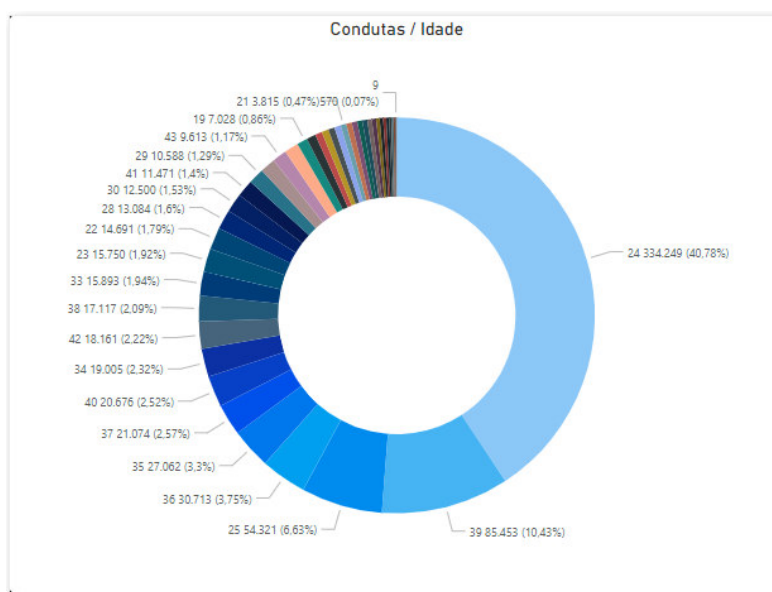


Figura 12- Gráfico da distribuição das condutas por idade da RAA

Na seguinte imagem pode-se ver que material predominante é o PVC (vermelho) e confirma-se com as Figura 14 e Figura 14.

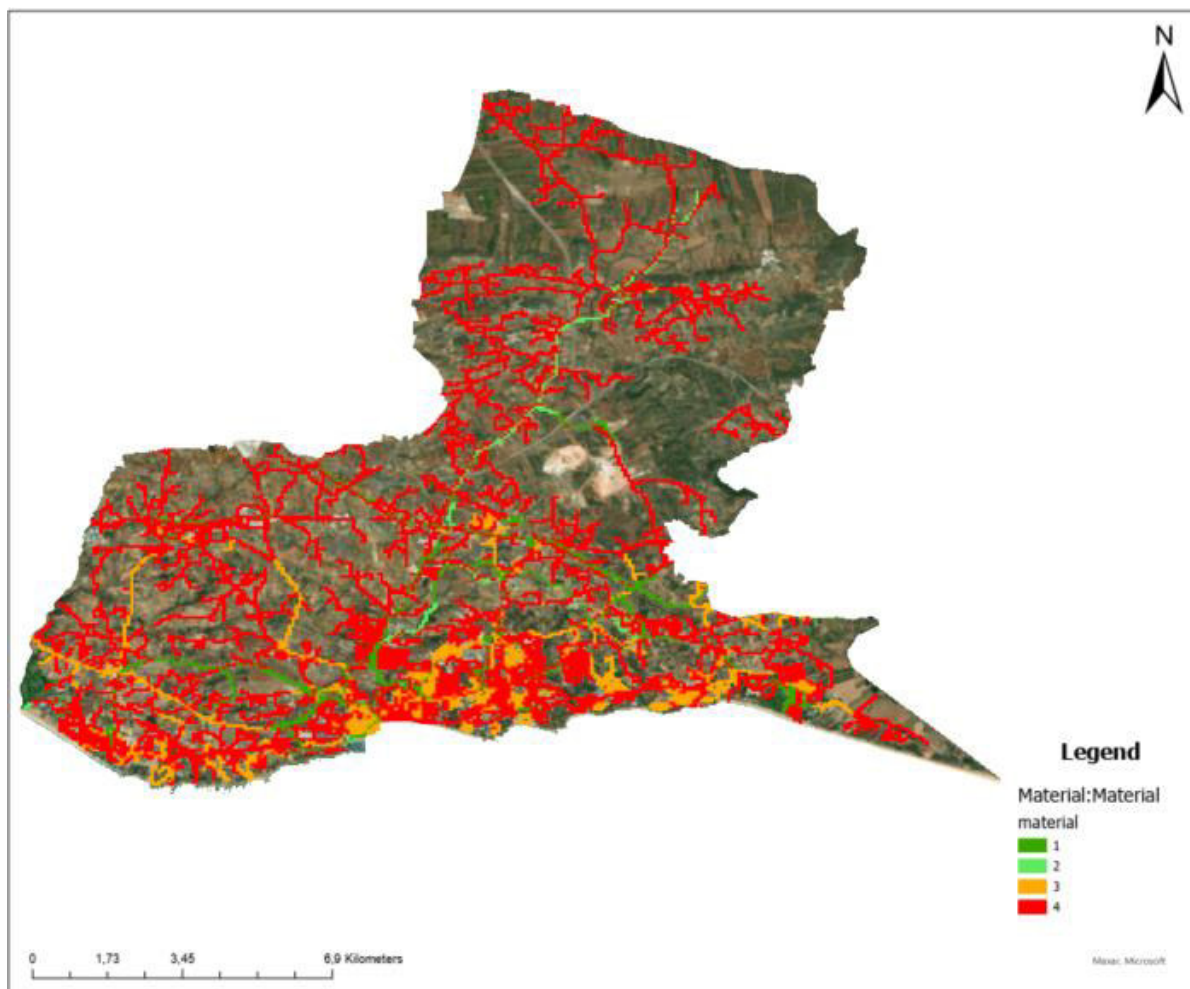


Figura 13 - Material das Condutas

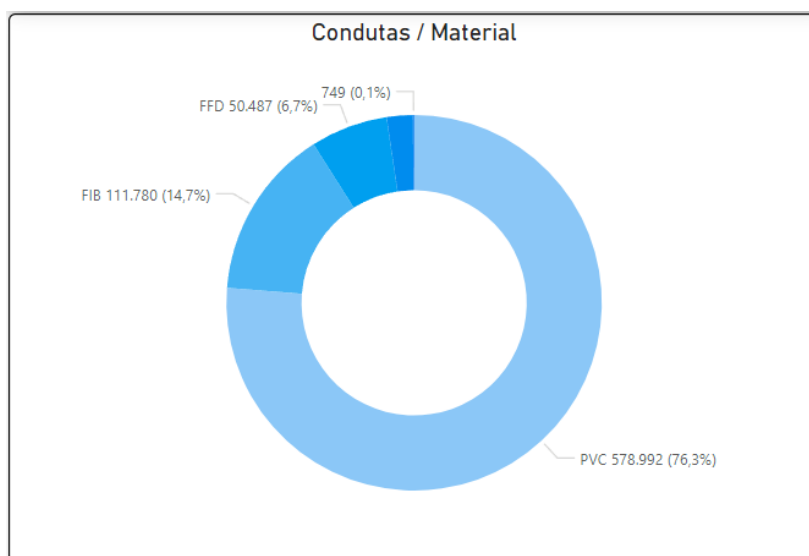


Figura 14 – Gráfico com a distribuição do material da Rede de Abastecimento de Água

A maior área urbana (peso 4) localiza-se junto à encosta e área predominante é a da agricultura (peso 3) (Figura 15).

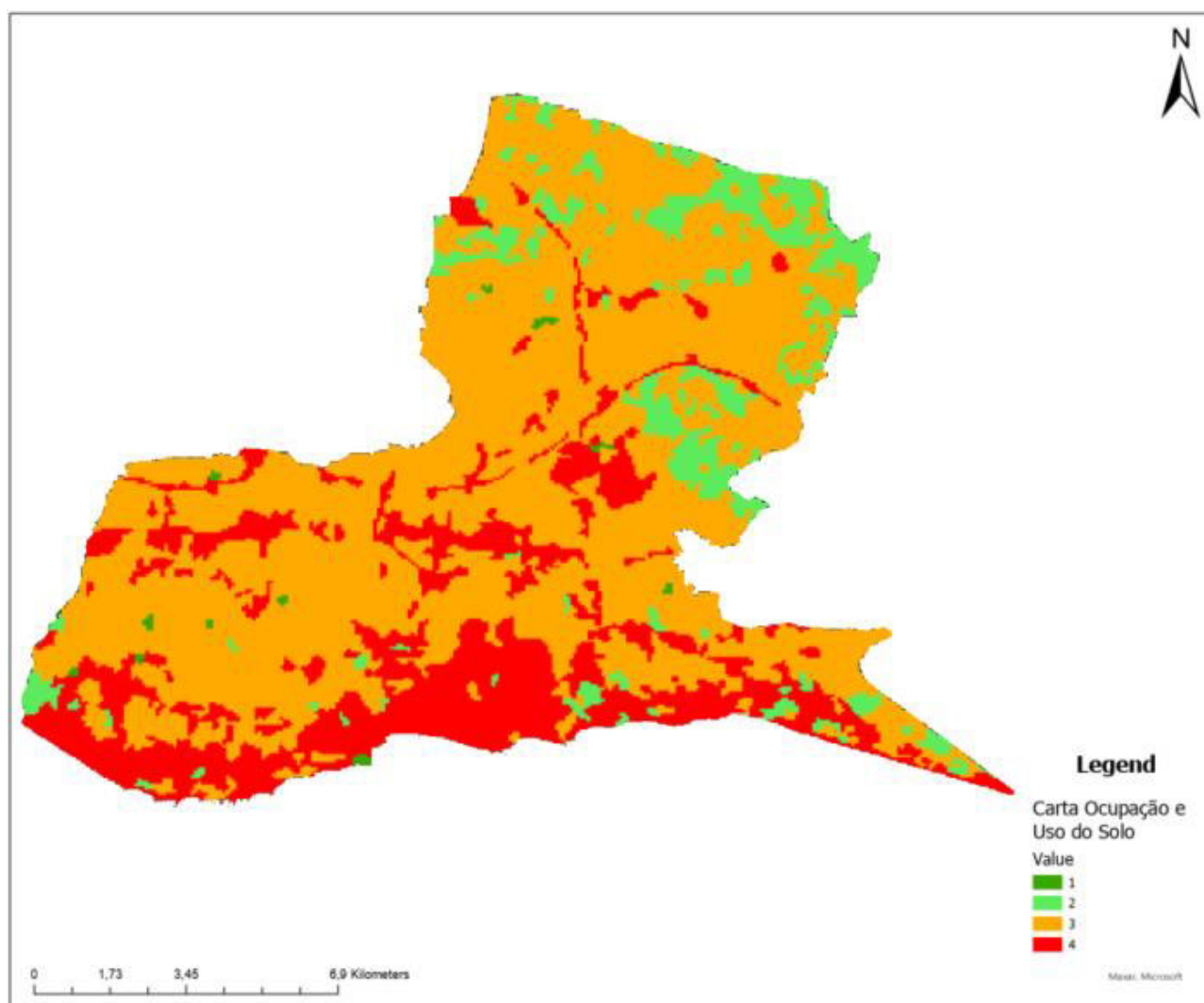


Figura 15 – Carta com ocupação e uso do solo

Mapa final com a relação das fugas.

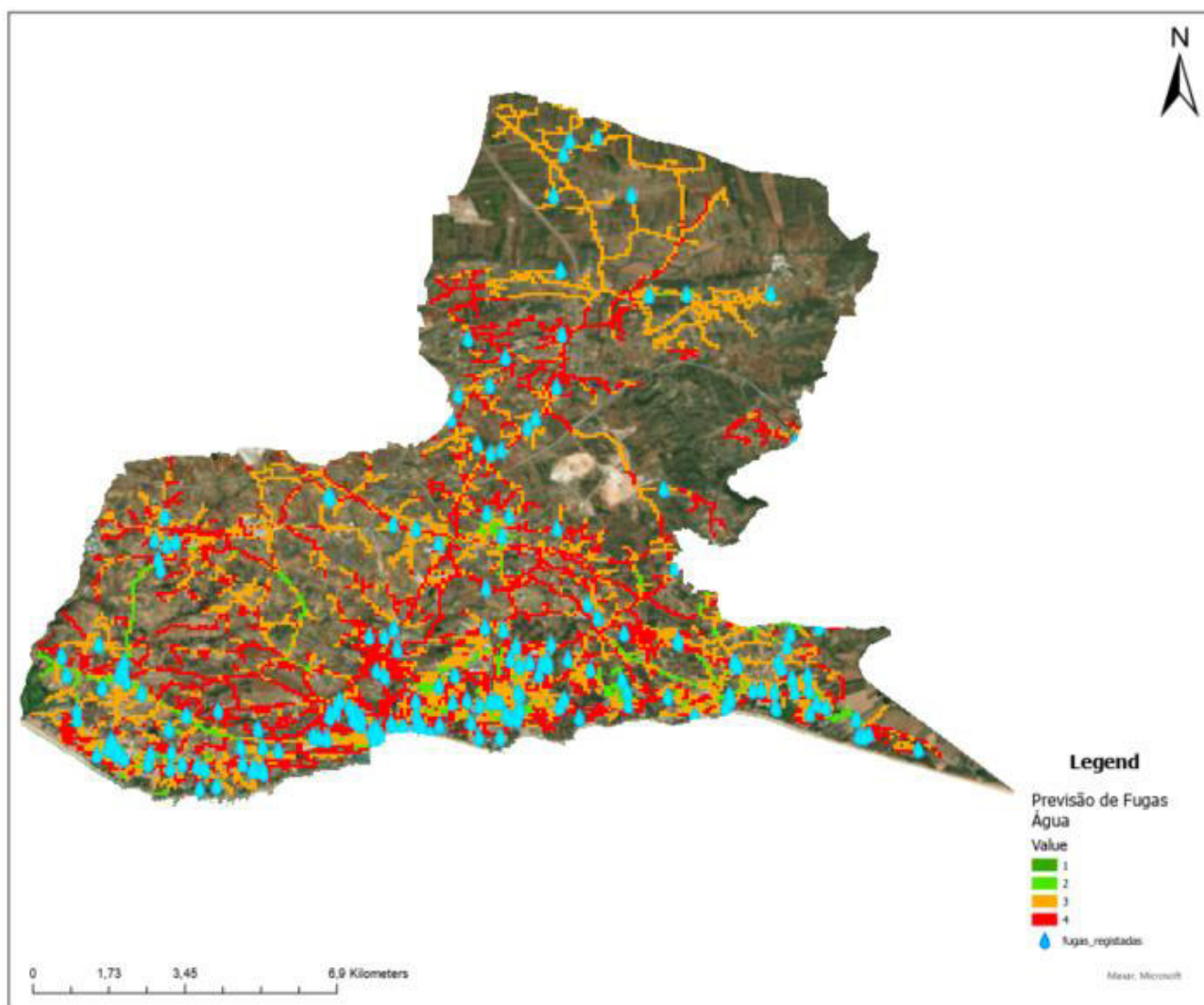


Figura 16 – Mapa final das zonas suscetíveis a fugas de água

Apêndice B - Métodos

As ferramentas utilizadas, são:

ArcGis Pro, foi utilizado para o tratamento e análise dos dados espaciais, permite a visualização, interpretação e questionamento de dados geográficos, além de realizar análises complexas.

Sistema de coordenadas, EPSG:3763 - ETRS89 / Portugal TM06 foi o sistema de referência adotado para garantir a precisão geoespacial dos dados.

Base de Dados PostgreSQL/Postgis, PostgreSQL é um sistema de gerenciamento de banco de dados relacional, enquanto PostGIS é uma extensão que adiciona suporte a objetos geográficos. Juntos, foram usados para organizar, manipular e armazenar os dados geoespaciais, evitando a duplicação e facilitando o acesso eficiente.

Aquisição de dados, os dados foram obtidos das seguintes fontes:

NASA: Forneceu dados ambientais, como variações de temperatura.

Direção Geral do Território (DGT): Proveu dados topográficos e de uso do solo.

Município de Albufeira: Disponibilizou dados específicos da rede de abastecimento de água, incluindo material, idade e diâmetro das condutas, além do histórico de falhas.

Análise Multicritério, foi usada para integrar diferentes tipos de dados e fatores:

O método Analytic Hierarchy Process (AHP) foi utilizado para determinar os pesos de cada critério, o AHP é um método de decisão multicritério que usa comparações par a par para estabelecer uma hierarquia de critérios e determinar a importância relativa de cada um.

Na fase de classificação, foi utilizada uma escala de 1 a 4 para classificar as áreas quanto à tendência a fugas de água, onde 1 representa a menor peso e 4 a maior peso (Tabela 3) (Borja Pimenta et al., 2019; Vargas, 2010).

Tabela 3 - Pesos considerados

Tipo	Classe			
	4	3	2	1
Sismos	>3,06	]3,06;1,72[	]1,72;0,64[	]0,64; 0]
Pressão Estática	>4,31	]4,31;2,30[	]2,30;1,15[	]1,15;0]
Temperatura (Verão)	]45;31[	]31;29[	]29;25[	]25; 17]
Temperatura (Inverno)	]18;6[	]6;3[	]3;2[	]2; -10]
Diametro	]200; 0]	]350;200[	]600;350[	>600
Idade	>38	]38;24[	]24;12[	]12;0]
Material	PVC	FIB	PEAD	FFD
Ocupação e Uso do Solo	Area Urbana	Floresta	Agricultura	Solo descoberto

Processamento de Dados Geoespaciais:

1. *Buffer e Euclidean Distance*, estas ferramentas foram usadas para determinar a influência e a distância dos sismos em relação às condutas o *Buffer* cria zonas ao redor de objetos geográficos e *Euclidean Distance* calcula a distância entre pontos em uma superfície. O sismo mais próximo teve o epicentro a 46km.
2. *Slope Raster*, foi utilizado para calcular a altitude das condutas, a altitude influencia a pressão estática na rede de água, sendo as áreas mais baixas geralmente sujeitas a pressões mais altas. A pressão mínima é 1.5 bar, a máxima admitida é 6 bar (DRE, 1995).
3. Interpolação Inversa da Distância (IDW), o método de interpolação usado para prever valores de temperatura em locais não amostrados com base em observações de locais circundantes.
4. Conversão de vetores para raster, todos os mapas e camadas foram convertidos para o formato raster, que é adequado para análises espaciais contínuas e permite a manipulação eficiente dos dados.
5. Reclassificação das camadas raster, todas as camadas raster foram reclassificadas para agrupar valores semelhantes em classes, facilitando a combinação de diferentes fatores.
6. *Weighted overlay*, esta ferramenta combina várias camadas raster reclassificadas, atribuindo pesos a cada uma de acordo com sua importância relativa. Isso resulta em uma superfície de índice composta que integra todas as variáveis consideradas (Figura 17).

O model builder foi utilizado para executar este procedimento (Figura 18).

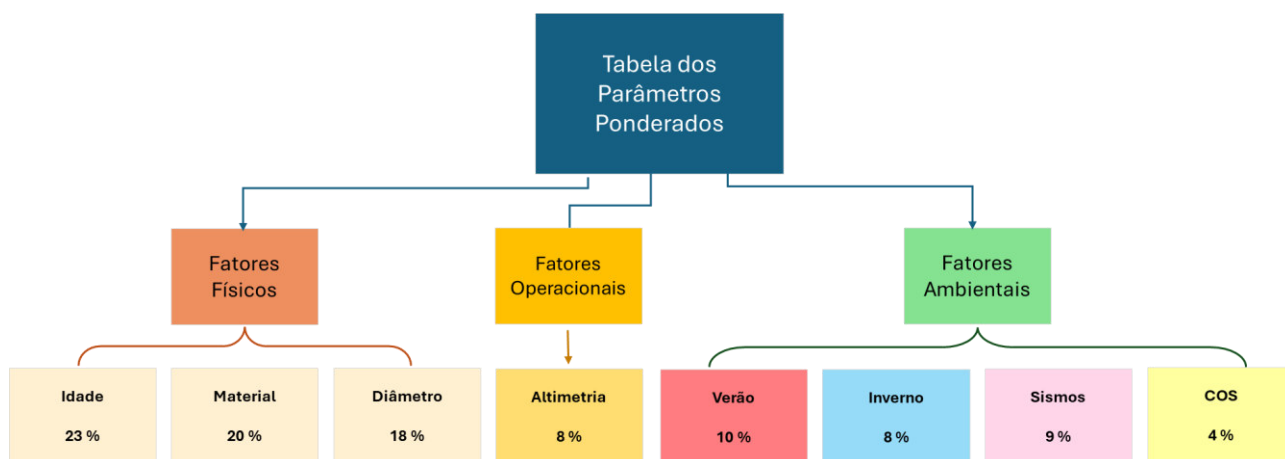


Figura 17 – Parâmetros ponderados



Figura 18 – Modelo utilizado para se obter o mapa previsível das fugas de água

Desenvolvimento do modelo, com base nos critérios e pesos definidos, o modelo foi desenvolvido para prever as zonas suscetíveis a fugas de água. As etapas incluem:

Determinação dos critérios (altimetria, idade, material e diâmetro das condutas, temperatura, sismos e histórico de falhas), atribuição de pesos conforme referido anteriormente e integração de dados e análise dos mesmos, conforme o ponto 6.

Apêndice C - Bibliografia

- Baum, R. L., Galloway, D. L., & Harp, E. L. (2008). *Landslide and Land Subsidence Hazards to Pipelines*.
- Borja Pimenta, L., Beltrão, N. E. S., Gemaque, A. M. da S., & Amador Tavares, P. (2019). Processo Analítico Hierárquico (AHP) em ambiente SIG: temáticas e aplicações voltadas à tomada de decisão utilizando critérios espaciais. *Interações (Campo Grande)*, 407–420. <https://doi.org/10.20435/inter.v20i2.1856>
- Dawood, T., Elwakil, E., Novoa, H. M., & Gárate Delgado, J. F. (2020). Water pipe failure prediction and risk models: State-of-the-art review. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 47(10), 1117–1127. <https://doi.org/10.1139/cjce-2019-0481>
- DRE. (1995, August 23). *Decreto Regulamentar 23/95, de 23 de Agosto*.
- ERSAR. (2024). *Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos de Portugal RASARP 2023 Apresentação à Comunicação Social*.
- Forero-Ortiz, E., Martinez-Gomariz, E., Sanchez-Juny, M., Cardus Gonzalez, J., Cucchiatti, F., Baque Viader, F., & Sarrias Monton, M. (2023). Models and explanatory variables in modelling failure for drinking water pipes to support asset management: a mixed literature review. In *Applied Water Science* (Vol. 13, Issue 11). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s13201-023-02013-1>
- National Research Council Canada. (2002). *InfraGuide, innovations and best practices. Best practice profile. Decision making and investment planning*. National Guide to Sustainable Municipal Infrastructure.
- RTP. (2024). Portugal desperdiçou 184 mil milhões de litros de água em 2022. *RTP*. https://www.rtp.pt/noticias/pais/varios-feridos-em-colapso-de-bancada-no-estadio-universitario-em-lisboa_n1576081
- Vargas, R. (2010). *USING THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) TO SELECT AND PRIORITIZE PROJECTS IN A PORTFOLIO Russian*. <http://rvarg.as/1s>